

ANALISIS KONTINGENSI PADA JARINGAN TRANSMISI 150 KV SUSBSISTEM RIAU

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Elektro



Oleh :

HALIM WIRMEN
11455101915

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2019

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS KONTINGENSI PADA JARINGAN TRANSMISI 150 KV SUBSISTEM RIAU

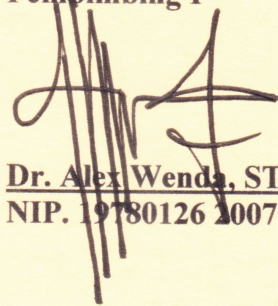
TUGAS AKHIR

Oleh

HALIM WIRMEN
11455101915

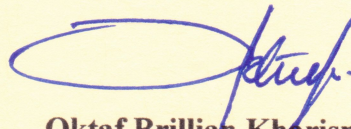
Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 09 Desember 2019

Pembimbing I



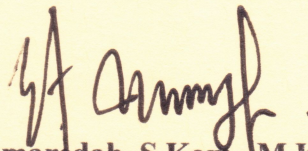
Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng
NIP. 19780126 200710 1 001

Pembimbing II



Oktaf Brilliant Kharisma, ST., MT
NIP. 19841012 201503 1 003

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ewi Ismaradah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KONTINGENSI PADA JARINGAN TRANSMISI 150 KV SUBSISTEM RIAU

TUGAS AKHIR

Oleh

HALIM WIRMEN
11455101915

Telah dipertahankan di depan sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 09 Desember 2019

Pekanbaru, 09 Desember 2019

Mengesahkan,



Ketua Program Studi

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

DEWAN PENGUJI

Ketua : Arif Marsal, Lc., MA
Pembimbing I : Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng
Pembimbing II : Oktaf Brillian Kharisma, ST., MT
Penguji I : Susi Afriani, ST., MT
Penguji II : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 9 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,

HALIM WIRMEN
NIM. 11455101915

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN



"Jika apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Robbmulah hendaknya kamu berharap".

(Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)

Alhamdulillahillahi robbil' alamin....

Sembah sujud serta syukurku kepada-Mu ya Allah tuhan semesta alam, zat yang Maha Agung nan Maha Adil nan Maha Pengasih dan Maha Penyayang, atas takdir-Mu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha itu menghantarkanku menjadi seorang sarjana. Semua ini hamba persembahkan kepada Allah yang telah menurunkan tanda-tanda qauliyah-Nya dari Al-Quran.

"Bukankah Dia (Allah) yang memperkenankan (do'a) orang yang dalam kesulitan apabila dia berdoa kepada-Nya, dan menghilangkan kesusahan dan menjadikan kamu (manusia) sebagai khalifah (pemimpin) di Bumi? Apakah di samping Allah ada Tuhan (yang lain)? Sedikit sekali (nikmat Allah) yang kamu ingat".

(Q.S An-Naml ayat: 62)

Ku persembahkan karya ini untuk Papa dan Mama tercinta, terimakasih atas kesabarannya selama ini, terimakasih atas do'a, semangat, motivasi, lidah dan mulut yang tak pernah lelah menasihati ku walau terkadang nasihat itu sering ku acuhkan. Maafkan atas segala hal kecil dan besar yang pernah aku lakukan sehingga membuat hati papa dan mama terluka. Terimalah karya kecil ini buah dari hasil pendidikan yang aku jalani selama masa perkuliahan, sebagai bentuk rasa terimakasihku walau kasih dan sayangmu tak akan pernah bisa tergantikan semoga pahala dan rezeki selalu dilimpahkan kepada Allah swt kepada kalian.

"Jangan pernah takut, ragu, malas untuk melakukan sesuatu hal yang benar, karena sesuatu hal yang didasarkan dengan niat baik maka akan menghasilkan sesuatu yang baik pula. Jangan berputus asa dan lari dari setiap masalah yang datang hadapilah dengan segenap kekuatan yang ada dan iringi setiap perjuangan dengan do'a niscaya Allah memberikan jalan yang terbaik".

~Halim Wirnen~

ANALISIS KONTINGENSI PADA JARINGAN TRANSMISI 150 KV SUBSISTEM RIAU

HALIM WIRMEN

NIM : 11455101915

Tanggal Sidang : 9 Desember 2019

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Sistem tenaga listrik Subsistem Riau masih belum dikatakan andal dan aman karena berdasarkan data Evaluasi Operasi Tahunan (EOT) P3B Sumatera tahun 2017 bahwa kasus pemadaman total pernah terjadi pada Subsistem Riau tanggal 9 Maret 2017 yang disebabkan oleh gangguan pada saluran 150 kV Koto Panjang-Payakumbuh 1 karena petir sehingga membuat semua pembangkit di Riau mengalami trip. Di Subsistem Riau juga terdapat transmisi yang tidak memenuhi kriteria keandalan N-1 yaitu saluran Koto Panjang-Bangkinang 1 mengalami beban lebih dengan beban maksimal 562 A, 62,4 %. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kontingensi pada jaringan transmisi 150 kV Subsistem Riau menggunakan metode performansi indeks dengan bantuan simulasi ETAP 12.6. Analisis dilakukan dalam dua kondisi pembebanan, yaitu beban puncak siang dan beban puncak malam. Dari hasil analisis, performansi indeks menggunakan beban puncak siang didapatkan saluran Tenayan-Pasir Putih 1 menjadi urutan pertama dengan nilai PI sebesar 5,6168 sedangkan Performansi indeks menggunakan beban puncak malam didapatkan saluran Balai Pungut-Duri 1 menjadi urutan pertama dengan nilai PI sebesar 11,1751. Terlepasnya saluran Tenayan-Pasir Putih 1 mengakibatkan terjadinya *undervoltage* pada bus Pasir Putih dan bus Pangkalan Kerinci sedangkan terlepasnya saluran Balai Pungut-Duri 1 mengakibatkan terjadinya *undervoltage* pada bus Dumai, bus Bagan Batu dan bus Kota Pinang serta *overload* pada saluran Balai Pungut-Duri 2. Rekomendasi yang diberikan terkait terjadinya *undervoltage* pada bus Pasir Putih dan bus Pangkalan Kerinci yaitu perlunya pemasangan kapasitor *shunt* pada bus Pasir Putih sedangkan *undervoltage* pada bus Dumai, Bagan Batu dan Kota Pinang yaitu perlunya penambahan kapasitor *shunt* pada bus Kota Pinang. Rekomendasi yang diberikan terkait terjadinya *overload* pada saluran Balai Pungut-Duri 2 yaitu perlu melakukan *load shedding* pada seluruh transformator Duri, Dumai, Bagan Batu dan Kota Pinang masing-masing sebesar 15%.

Kata Kunci— Kontingensi, *Overload* , Performansi indeks, Transmisi, *Undervoltage*.

CONTINGENCY ANALYSIS ON THE 150 KV TRANSMISSION NETWORK OF THE RIAU SUBSYSTEM

HALIM WIRMEN

Student Number : 11455101915

Date of Final Exam : December 9th , 2019

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas Street Number 155, Pekanbaru

ABSTRACT

Power system of the Riau Subsystem is still not said to be reliable and safe because based on EOT P3B Sumatera data in 2017 that a total blackout case occurred in the Riau Subsystem on March 9, 2017 caused by a disruption in the 150 kV Koto Panjang-Payakumbuh 1 transmission line due to lightning, thus making all the power plant in Riau have a trip. In the Riau Subsystem, there are also transmission lines that do not meet the N-1 reliability criteria, that is the Koto Panjang-Bangkinang 1 transmission line is overloaded with a maximum load of 562 A, 62.4 %. This study is aimed to conduct a contingency analysis on the 150 kV Riau Subsystem transmission network using the index performance method with the help of ETAP 12.6 simulation. The analysis was carried out in two loading conditions, namely the peak day load and the peak night load. From the results of the analysis, the index performance using the peak day load obtained the Tenayan-Pasir Putih 1 transmission line became first with a PI value of 5.6168 while the index performance using the peak night load obtained the Balai Pungut-Duri 1 transmission line being first with a PI value of 11.1751. The disconnection of the Tenayan-Pasir Putih 1 transmission line caused undervoltage on the Pasir Putih bus and Pangkalan Kerinci bus while the disconnection of the Balai Pungut-Duri 1 transmission line resulted in an undervoltage on Dumai bus, Bagan Batu bus and Kota Pinang bus and overloaded on Balai Pungut-Duri 2 transmission line. Recommendations given related to the occurrence of undervoltages on Pasir Putih bus and Pangkalan Kerinci bus namely the need for installation of shunt capacitors on Pasir Putih bus while the undervoltage on Dumai bus, Bagan Batu bus and Kota Pinang bus is the need to add shunt capacitors to the Kota Pinang bus. Recommendations given related to the overload on Balai Pungut-Duri 2 transmission line that is the need to do load shedding on all Duri, Dumai, Bagan Batu and Kota Pinang transformers at 15% each.

Keywords – Contingency, Index Performance, Overloaded, Transmission, Undervoltage.



KATA PENGANTAR



Assalammu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Allhamdulillah rabbil 'alamin, segala puji dan syukur selalu tercurah kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat, Nikmat, Ilmu, dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**Analisis Kontingensi Pada Jaringan Transmisi 150 kV Subsistem Riau**” sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, juga untuk mengukur kemampuan penulis dalam mengimplementasikan hasil dari pembelajaran yang selama ini di dapat dalam proses pembelajaran di kampus. Shalawat beserta salam penulis hadiahkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu'Alaihi Wassalam yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapat syafa'at dari beliau di akhir akhir nantinya, aamiin.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulusnya kepada :

Allah SWT atas seluruh karunia-Nya yang terindah yang telah diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan Laporan Tugas Akhir ini

Teristimewa buat Papa H.Wirmen dan Mama Hj.Elmawati tercinta, serta abang-abangku Taufik Saleh dan Ilham serta adik-adikku Wil Qadri dan Nabila Winarti yang sangat penulis sayangi yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil kepada penulis dan selalu mendoakan yang terbaik bagi penulis hingga saat ini.

Bapak Prof. Dr. H. Akhmad Mujahidin, S.Ag., M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Bapak Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro



Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Bapak Mulyono, ST.,MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Bapak Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng selaku Pembimbing 1 Tugas Akhir dan Bapak Oktaf Brillian Kharisma, ST., MT selaku Pembimbing 2 Tugas Akhir yang selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran serta, memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Bapak Ahmad Faizal, ST., MT, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi yang selalu membantu memberikan inspirasi dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Bapak Arif Marsal, Lc., MA selaku ketua sidang Tugas Akhir yang telah mengingatkan kembali untuk terus belajar tentang ibadah.

Ibu Susi Afriani, ST., MT, selaku dosen penguji I dan Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc, selaku dosen penguji II yang telah banyak memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih penulis ucapkan buat seseorang yang spesial kepada Ulfa Masnia, SE yang selalu setia menemani dan memberikan semangat dari awal tugas akhir ini dimulai sehingga penulis mampu perlahan-lahan menyelesaikannya.

Terimakasih kepada rekan-rekan yang berperan dalam kelancaran tugas akhir ini kawan-kawan angkatan 2014 Dicky, Wira, Afif, Fadli, Faisal, Wak Jon, Baroq, Jenny, Babang, Esa dan teman-teman angkatan 2014 lainnya yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, serta teman-teman Pejuang Akad Bos Harry, Linok, Dun Madun, Rafa, Bg Dil dan Cindy Carcarol yang selalu setia berjuang Bersama baik suka dan duka yang telah menemani, memerikan semangat dan doa untuk penulis.

Terimakasih kepada rekan-rekan mahasiswa Arif, Hanif Cino, Hafidh, Oca, Sauky, Beni, Ikbhal, Riki, Reski, Doni dan lain-lain yang tergabung dalam squad Mahasiswa Bimbingan Pak Alex.

Terimakasih kepada Fakhriatul Masnia, S.Pd, Az-Zakiatul Masnia dan Ilfan Syahwaldi yang menjadi adik-adik terbaik.

Semua pihak yang telah banyak membantu dan memberi motivasi dalam pengerjaan

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 3. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 4. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Tugas Akhir ini mulai dari awal hingga selesai yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya semoga ilmu yang diberikan kepada penulis dapat bermanfaat.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik dimasa mendatang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca dimasa mendatang. Amin.

Wassalamualaikum wr.wb

Pekanbaru, 9 Desember 2019
Penulis

HALIM WIRMEN
NIM. 11455101915

UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR RUMUS	xx
DAFTAR SINGKATAN	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-4
1.3. Batasan Masalah.....	I-4
1.4. Tujuan Penelitian	I-5
1.5. Manfaat Penelitian	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1. Penelitian Terkait	II-1
2.2. Sistem Tenaga Listrik	II-4
2.2.1. Saluran Transmisi.....	II-4
2.3. Sistem Interkoneksi	II-5
2.4. Studi Aliran Daya.....	II-6
2.4.1. Pengertian Aliran Daya	II-6
2.4.2. Perhitungan Aliran Daya.....	II-7

2.4.3. Perhitungan Aliran Daya Menggunakan Metode <i>Fast Decoupled</i>	II-8
5. Analisis Kontingensi	II-13
2.5.1. Pengertian Kontingensi	II-13
2.5.2. Pembagian Analisis Kontingensi	II-13
2.5.3. Seleksi Kontingensi.....	II-14
2.5.4. Performansi Indeks Daya Aktif Saluran Transmisi	II-14
2.5.5. Performansi Indeks Tegangan Saluran Transmisi.....	II-15
6. Pembebanan Saluran Transmisi	II-16
7. Keamanan Operasi Sistem Tenaga Listrik	II-16
2.8. Perbaikan Parameter Yang Melanggar Operasi Sistem	II-18
2.8.1. Perbaikan Tegangan Bus yang Melanggar Standar Operasi Sistem	II-18
2.8.2. Perbaikan Saluran Transmisi yang Melanggar Standar Operasi Sistem...	II-20
2.9. Program Analisa Sistem Tenaga Listrik	II-20
2.9.1. DIGSILENT <i>PowerFactory</i>	II-20
2.9.2. PSSE	II-22
2.9.3. ETAP 12.6	II-24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1. Tahapan Identifikasi Masalah	III-2
3.2. Studi Literatur	III-2
3.3. Pengumpulan Data	III-3
3.4. Simulasi Aliran Daya Menggunakan ETAP 12.6	III-4
3.4.1. Merancang <i>Single Line Diagram</i> Subsistem Riau	III-5
3.4.2. Pemilihan Kondisi Simulasi	III-7
3.4.3. Menentukan <i>Load Flow Study Case</i> Simulasi	III-8
3.4.4. Pengujian Simulasi Aliran Daya	III-10
3.5. Melakukan Analisis Kontingensi Menggunakan Metode Performansi Indeks...	III-10
3.7. Hasil dan Analisa	III-12
3.8. Kesimpulan/Saran/Rekomendasi	III-13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1. Simulasi Aliran Daya Subsistem Riau dalam Kondisi Normal	IV-3
4.1.1. Merancang <i>Single Line Diagram</i> Subsistem Riau pada ETAP 12.6.....	IV-3

4.1.2. Memasukkan Parameter Data Peralatan pada <i>Single Line Diagram</i>	
Subsistem Riau	IV-4
4.1.3. Pemilihan Kondisi Normal Simulasi	IV-9
4.1.4. <i>Load Flow Study Case</i> Simulasi	IV-10
4.1.5. Pengujian Simulasi Aliran Daya	IV-11
4.2. Hasil Simulasi Aliran Daya Kondisi Normal Menggunakan Beban Puncak	
Siang Hari	IV-11
4.2.1. Tegangan Bus 150 kV Subsistem Riau (Beban siang hari)	IV-12
4.2.2. Pembebanan Saluran Transmisi 150 kV (Beban siang hari).....	IV-13
4.3. Hasil Simulasi Aliran Daya Kondisi Normal Menggunakan Beban Puncak	
Malam Hari	IV-16
4.3.1. Tegangan Bus 150 kV Subsistem Riau (Beban malam hari).....	IV-16
4.3.2. Pembebanan Saluran Transmisi 150 kV (Beban malam Hari)	IV-18
4.4. Simulasi Aliran Daya Subsistem Riau Setelah Terjadi Kontingensi	IV-20
4.4.1. Analisis Kontingensi Menggunakan Metode Performansi Indeks	IV-20
4.4.2. Perhitungan Performansi Indeks Daya Aktif (PIp) Beban Siang Hari.....	IV-21
4.4.3. Perhitungan Performansi Indeks Tegangan (PIv) Beban Siang Hari.....	IV-23
4.4.4. Total Performansi Indeks dan Daftar Peringkat Kontingensi Beban	
Siang Hari	IV-25
4.4.5. Perhitungan Performansi Indeks Daya Aktif (PIp) Beban Malam Hari ...	IV-28
4.4.6. Perhitungan Performansi Indeks Tegangan (PIv) Beban Malam Hari.....	IV-29
4.4.7. Total Performansi Indeks dan Daftar Peringkat Kontingensi Beban	
Malam Hari	IV-31
4.5. Identifikasi Pengaruh Kontingensi Saluran Transmisi Berdasarkan Peringkat	
PI (Beban Siang Hari)	IV-33
4.5.1. Kontingensi Saluran Tenayan–Pasir Putih 1 (Beban siang hari)	IV-33
4.5.2. Kontingensi Saluran Balai Pungut-Duri 1 (Beban siang hari)	IV-37
4.6. Identifikasi Pengaruh Kontingensi Saluran Transmisi Berdasarkan Peringkat	
PI (Beban malam hari)	IV-40
4.6.1. Kontingensi Saluran Balai Pungut-Duri 1 (Beban malam hari)	IV-40
4.6.2. Kontingensi Saluran Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban malam hari)	IV-44
4.7. Perbaikan Sistem Yang Melanggar Batasan Operasi (Beban siang hari)	IV-49



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

4.5.1. Perbaikan Sistem Akibat Kontingensi Saluran Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban siang hari).....	IV-49
4.5.2. Perbaikan Sistem Akibat Kontingensi Saluran Balai Pungut-Duri 1 (Beban siang hari).....	IV-51
8. Perbaikan Sistem Yang Melanggar Batasan Operasi (Beban malam hari).....	IV-52
4.5.1. Perbaikan Sistem Akibat Kontingensi Saluran Balai Pungut-Duri 1 (Beban malam hari)	IV-52
4.5.4. Perbaikan Sistem Akibat Kontingensi Saluran Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban malam hari)	IV-55

BAB V PENUTUP V-1

5.1. Kesimpulan	V-1
-----------------------	-----

5.2. Saran	V-2
------------------	-----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik	II-4
2. Skema Sistem Interkoneksi	II-6
3. Tahapan Penelitian	III-1
4. Tahapan Simulasi Aliran Daya Menggunakan ETAP 12.6	III-4
5. Tampilan Lembar <i>Project</i> ETAP 12.6	III-5
6. Menu <i>Load Flow Analysis</i> pada ETAP 12.6	III-8
7.5. Ikon <i>Load Flow Study Case</i> pada ETAP 12.6	III-8
8. Tampilan Menu <i>Info Load Flow Study Case</i> pada ETAP 12.6	III-9
9. Tampilan Menu <i>Alert Load Flow Study Case</i> pada ETAP 12.6	III-9
10. Ikon <i>Run Load Flow</i> pada ETAP 12.6	III-10
11. Ikon <i>Display Options</i> pada ETAP 12.6	III-10
12. Tahapan Analisis Kontingensi Menggunakan Performansi Indeks	III-12
13.1. <i>Single Line Diagram</i> Subsistem Riau	IV-2
14.2. <i>Single Line Diagram</i> Subsistem Riau yang di rancang pada ETAP 12.6	IV-3
15.3. Penginputan ID Generator pada Menu <i>Info</i> dalam ETAP 12.6	IV-4
16.4. Penginputan Data <i>Rating</i> Generator pada Menu <i>Rating</i> dalam ETAP 12.6	IV-5
17.5. Penginputan ID dan Nominal kV Bus pada Menu <i>Info</i> dalam ETAP 12.6	IV-5
18.6. Penginputan ID Transformator pada Menu <i>Info</i> dalam ETAP 12.6	IV-5
19.7. Penginputan Data <i>Rating</i> Transformator pada Menu <i>Rating</i> dalam ETAP 12.6	IV-6
20.8. Penginputan Data Impedansi Transformator pada Menu <i>Impedance</i> dalam ETAP 12.6	IV-7
21.9. Penginputan ID dan Panjang Saluran pada Menu <i>Info</i> dalam ETAP 12.6	IV-8
22.10. Penginputan Data Impedansi Saluran Transmisi pada Menu <i>Impedance</i> dalam ETAP 12.6	IV-8
23.11. Penginputan Data Beban pada Menu <i>Nameplate</i> dalam ETAP 12.6	IV-9
24.12. Pemilihan Kondisi <i>In of Service</i> Saluran Transmisi pada Menu <i>Info</i> dalam ETAP 12.6	IV-10
25.13. Pemilihan Metode <i>Fast Decouple</i> pada Menu <i>Info</i> dalam ETAP 12.6	IV-10
26.14. Menentukan Standar Operasi Sistem pada Menu <i>Alert</i> dalam ETAP 12.6	IV-11



4.15.	Hasil Simulasi Aliran Daya ETAP 12.6 pada Kondisi Normal menggunakan Beban Puncak Siang Hari	IV-12
4.16.	Profil Tegangan Bus 150 kV Subsistem Riau Kondisi Normal (Beban Siang Hari) Hasil Simulasi ETAP 12.6	IV-12
4.17.	Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal (Beban Siang Hari) Hasil Perhitungan	IV-15
4.18.	Hasil Simulasi Aliran Daya pada ETAP 12.6 Kondisi Normal Menggunakan Beban Puncak Malam	IV-16
4.19.	Profil Tegangan Bus 150 kV Kondisi Normal (Beban Malam Hari) Hasil Simulasi ETAP 12.6	IV-17
4.20.	Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal (Beban Malam Hari) Hasil Perhitungan	IV-19
4.21.	Pemilihan Kondisi <i>Out of Service</i> Saluran Transmisi pada Menu <i>Info</i> dalam ETAP 12.6	IV-21
4.22.	Profil Tegangan Bus Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Siang Hari) Hasil Simulasi ETAP 12.6	IV-33
4.23.	Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Tenayan – Pasir Putih 1 (Beban Siang Hari) Hasil Perhitungan	IV-36
4.24.	Profil Tegangan Bus Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Balai Pungut – Duri 1 (Beban Siang Hari) Hasil Simulasi ETAP 12.6	IV-37
4.25.	Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Balai Pungut – Duri 1 (Beban Siang Hari) Hasil Perhitungan	IV-40
4.26.	Profil Tegangan Bus Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Balai Pungut–Duri 1 (Beban Malam Hari) Hasil Simulasi ETAP 12.6	IV-41
4.27.	Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Balai Pungut–Duri 1 (Beban Malam Hari) Hasil Perhitungan	IV-44
4.28.	Profil Tegangan Bus Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Tenayan – Pasir Putih 1 (Beban Malam Hari) Hasil Simulasi ETAP 12.6	IV-45
4.29.	Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Tenayan – Pasir Putih 1 (Beban Malam Hari) Hasil Perhitungan	IV-48

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Himpunan Ilmiah Sarif Kasim Riau



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Bus pada Sistem Tenaga Listrik	II-8
2. Tipe Busbar Sistem Kelistrikan 150 kV Subsistem Riau	III-6
3. Data Arus Terukur Saluran Transmisi Kondisi Normal (Beban Siang Hari)	IV-14
4. Data Arus Terukur Saluran Transmisi Kondisi Normal (Beban Malam Hari)	IV-18
5. Daya Aktif Saluran Transmisi saat kontingensi saluran Balai Pungut–Duri 1 (Beban Siang Hari)	IV-22
6. Profil Tegangan Bus 150 Kv saat kontingensi saluran Balai Pungut–Duri 1 (Beban Siang Hari)	IV-24
7. Nilai Total PI pada 27 Kasus Kontingensi Saluran Transmisi Beban Siang Hari	IV-26
8. Daftar Peringkat Kontingensi Saluran Transmisi Beban Siang Hari	IV-27
9. Daya Aktif Saluran Transmisi saat kontingensi saluran Balai Pungut–Duri 1 (Beban Malam Hari)	IV-28
10. Profil Tegangan Bus saat Kontingensi saluran Balai Pungut – Duri 1 (Beban Malam Hari)	IV-29
11. Nilai Total PI pada 27 Kasus Kontingensi Saluran Transmisi Beban Malam Hari	IV-31
12. Daftar Peringkat Kontingensi Saluran Transmisi Beban Malam Hari	IV-32
13. Data Arus Terukur pada Saluran Transmisi Saat Kontingensi Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Puncak Siang Hari)	IV-34
14. Data Arus Terukur pada Saluran Transmisi Saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Puncak Siang Hari)	IV-38
15. Data Arus Terukur pada Saluran Transmisi Saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Puncak Malam Hari)	IV-42
16. Profil Arus Terukur pada Saluran Transmisi Saat Kontingensi Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Puncak Malam Hari)	IV-46
17. Profil Tegangan Bus dan Aliran Daya Kontingensi Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Siang Hari)	IV-49
18. Profil Tegangan Bus Setelah Perbaikan saat Kontingensi Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Siang Hari)	IV-50
19. Beban yang Dilepas saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Siang Hari)	IV-51



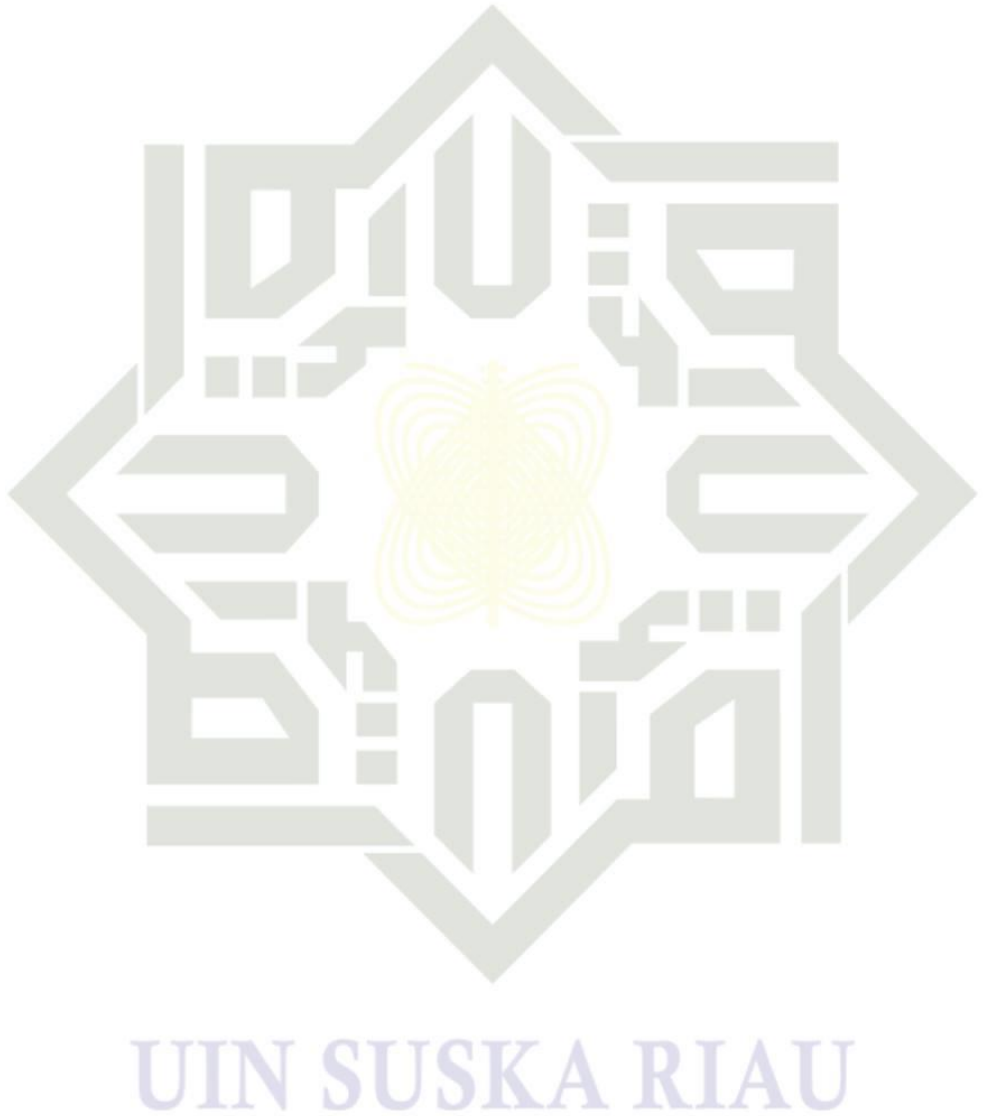
4.18. Profil Pembebanan Saluran setelah Perbaikan saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Siang Hari)	IV-51
4.19. Data Profil Tegangan dan Aliran Daya Bus yang mengalami <i>Undervoltage</i> saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Malam Hari)	IV-52
4.20. Data Beban yang Dilepas saat Kontingensi Saluran Balai Pungut-Duri 1 (Beban Malam Hari)	IV-54
4.21. Profil Tegangan Bus setelah Perbaikan saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Malam Hari)	IV-54
4.22. Profil Pembebanan Saluran Transmisi setelah Perbaikan saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Malam Hari)	IV-54
4.23. Data Profil Tegangan dan Aliran Daya Bus yang mengalami <i>Undervoltage</i> saat Kontingensi Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Malam Hari)	IV-55
4.24. Profil Tegangan Bus setelah Perbaikan saat Kontingensi Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Malam Hari)	IV-66

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

DAFTAR RUMUS

Rumus

1. Persamaan Impedansi jaringan
2. Persamaan Total Impedansi Saluran
3. Persamaan Admitansi Jaringan Y_{ij}
4. Persamaan Admitansi Jaringan Y_{rij}
5. Persamaan Admitansi Jaringan Y_{xij}
6. Persamaan Daya Aktif Terjadwal
7. Persamaan Daya Aktif Terhitung
8. Persamaan Daya Aktif Terhitung
9. Persamaan Daya Reaktif Terhitung
10. Perhitungan *Mismatch* daya aktif bus ke n
11. Perhitungan *Mismatch* daya reaktif bus ke n
12. Matrik Jacobian Daya Aktif
13. Matrik Jacobian Daya Reaktif
14. Matrik B
15. Matrik B
16. Matrik B
17. Konversi Matrik Jacobian Daya Aktif
18. Konversi Matrik Jacobian Daya Reaktif
19. Persamaan *Fast Decouple Load Flow*
20. Persamaan *Fast Decouple Load Flow*
21. Daya Aktif pada *slack* bus
22. Daya Reaktif pada *slack* bus
23. Persamaan Aliran daya antar bus
24. Persamaan Aliran daya antar bus
25. Persamaan Rugi-rugi daya antar bus
26. Persamaan performansi indeks daya aktif
27. Persamaan Kapasitas daya aktif maksimum
28. Persamaan performansi indeks tegangan
29. Persamaan Total Performansi Indeks
30. Persamaan Pembebanan Saluran Transmisi



- 2.3.1. Persamaan Faktor Daya Listrik
 - 2.3.2. Persamaan Daya Reaktif Bus Beban Baru
 - 2.3.2. Persamaan Besar Kapasitas Kapasitor Daya
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SINGKATAN

: Alternating Current
: American National Standards Institute
: Direct Current
: Evaluasi Operasi Tahunan
: Electrical Transient Analisis Program
: Fast Decouple Load Flow
: Gardu Induk
: Graphical User Interface
: International Electrotechnical Commission
: Institute of Electrical and Electronics Engineers
: Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera
: Performansi Indeks
: Perusahaan Listrik Negara
: Pembangkit Listrik Tenaga Air
: Pembangkit Listrik Tenaga Mesin dan Gas
: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
: Sumatera Bagian Selatan dan Tengah
: Saluran Kabel Tegangan Tinggi
: Standar Perusahaan Listrik Negara
: Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi
: Saluran Udara Tegangan Menengah
: Saluran Udara Tegangan Rendah
: Saluran Udara Tegangan Tinggi
: Pembangkit Listrik Tenaga Gas
: Power System Simulator of Engineering

© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Zilindung
 1. Dianggap sebagai bagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menandatangani dan menyebarkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang

PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera Subsistem Riau merupakan bagian dari sistem interkoneksi Sumatera Bagian Tengah dan Selatan (SBST) dan merupakan kesatuan dari sistem interkoneksi Sumatera yang memberikan pelayanan tenaga listrik untuk wilayah Riau. Subsistem Riau terdiri dari 14 gardu induk (GI) yang terhubung melalui 27 saluran dan memiliki 22 generator sebagai penyuplai daya yang saling terinterkoneksi dengan tujuan agar keandalan dan keamanan sistem tetap terjaga dengan baik. Apabila salah satu elemen sistem tidak bekerja karena mengalami gangguan seperti keluarnya unit pembangkit maupun pelepasan beban secara tiba-tiba maka akan terjadi perubahan parameter listrik seperti tegangan, arus, dan aliran daya pada saluran-saluran transmisi. Jika perubahan tersebut berada diluar batasan operasi sistem maka kondisi ini termasuk kedalam pelanggaran, apabila kondisi tersebut tidak segera diperbaiki maka akan terjadi pelepasan bertingkat pada sistem yang akan membuat sebagian besar atau keseluruhan sistem akan jatuh sehingga terjadi pemadaman total (*system blackout*) [1]. Berdasarkan data Evaluasi Operasi Tahunan (EOT) P3B Sumatera tahun 2017 bahwa kasus pemadaman total pernah terjadi pada Subsistem Riau tanggal 9 Maret 2017 yang disebabkan oleh gangguan pada SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) 150 kV Koto Panjang – Payakumbuh 1 karena petir, gangguan ini juga membuat semua pembangkit di Riau mengalami trip, gangguan-gangguan pada penghantar 150 kV juga pernah terjadi pada tanggal 29 Juni 2017 pada saluran penghantar 150 kV Garuda Sakti – Balai Pungut 1 dan 2 karena petir sehingga mengakibatkan hilangnya tegangan di GI Balai Pungut, GI Duri, GI Dumai, GI Bagan Batu dan GI Kota Pinang serta PLTMG Balai Pungut trip 106 MW [2].

Gangguan berupa terlepasnya elemen sistem (*outage*) pada sistem tenaga listrik merupakan sesuatu yang tidak dapat dihindarkan. Elemen yang terlepas dari sistem dapat disebabkan oleh gangguan maupun pemeliharaan. Gangguan pelepasan elemen sistem termasuk kedalam kontingensi. Apabila sistem tenaga listrik masih mampu bertahan dan tidak mengalami pemadaman akibat terlepasnya salah satu elemen sistem maka sistem itu dapat dikatakan andal atau aman. Keandalan dan keamanan sistem dapat diukur dari



beberapa kriteria, salah satunya menggunakan kriteria keandalan dan keamanan N-1. Kriteria keandalan dan keamanan N-1 ini dilihat dari standar operasi saluran transmisi yaitu tidak melebihi 50% arus nominal saluran transmisi. Namun, Subsistem Riau masih belum dikatakan andal dan aman karena berdasarkan data EOT 2017 P3B Sumatera bahwa di Riau terdapat transmisi yang tidak memenuhi kriteria keandalan dan keamanan N-1 yaitu ruas penghantar Koto Panjang – Bangkinang 1 mengalami beban lebih dengan beban maksimal 562 A, 62,4 % [2].

Dari kasus-kasus di atas maka diperlukan usaha-usaha pengamanan sistem untuk mencegah kondisi-kondisi tersebut. Pengamanan sistem tersebut dilakukan dengan sebuah analisis terhadap beberapa kemungkinan kontingensi yang mungkin terjadi sesuai keadaan asli dari sistem tenaga listrik untuk merancang langkah-langkah persiapan maupun pemulihan ketika kontingensi terjadi sehingga sistem tetap aman dan handal. Analisis tersebut yaitu analisis kontingensi [3]. Analisis kontingensi dilakukan dengan mensimulasikan gangguan berupa terlepasnya suatu unit pembangkit atau saluran transmisi untuk menyelidiki pengaruh gangguan terhadap tegangan bus dan aliran daya aktif saluran. Hasil-hasil analisis tersebut digunakan untuk mengidentifikasi elemen-elemen sistem yang lemah seperti bus yang tegangannya melanggar batasan operasi dan saluran transmisi yang mengalami pembebanan kritis atau mengalami beban lebih, setelah teridentifikasi maka selanjutnya dilakukan perbaikan sistem agar sistem menjadi lebih andal dan aman. Menurut bapak Rachmat Hidayat selaku Manager Sub Bidang Perencanaan Operasi PT PLN (Persero) P3B Sumatera bahwa analisis kontingensi ini sangat penting dilakukan karena dapat memitigasi dampak dari gangguan yang mungkin terjadi di sistem tenaga listrik. Khususnya di Subsistem Riau, gangguan di sistem ini mayoritas adalah gangguan di transmisi baik itu akibat petir yang merupakan masalah yang dominan terjadi dan bisa terjadi di ruas mana saja, bisa menyambar satu sirkit maupun dua sirkit sekaligus. Dari pengalaman gangguan seperti itu tentunya peran mitigasi kontingensi sangat penting agar kejadian gangguan tersebut tidak menyebabkan gangguan yang meluas, sejauh ini upaya-upaya yang dilakukan PLN P3BS terhadap analisis kontingensi pada setiap kasus kontingensi baik kasus gangguan pada transmisi, transformator dan pembangkit sudah disiapkan mitigasinya berupa penerapan proteksi sistem atau melakukan *defense scheme* dengan harapan semua kasus gangguan tidak berdampak sistem gangguan meluas [4]. Analisis kontingensi yang dilakukan PLN P3BS dengan mensimulasikan semua kasus kontingensi menggunakan *software* Digsilent dan *software* PSSE untuk studi *load flow* dan



juga studi stabilitas pada sistem tenaga listrik. Dalam mensimulasikan kontingensi pada sistem tenaga listrik, kondisi beban harus lebih besar daripada pasokan daya agar mencerminkan kondisi real sehingga diperlukan penambahan daya dari eksternal grid dengan tujuan agar timbul permasalahan pada saat melakukan studi kontingensi. Studi kontingensi ini dilakukan secara rutin dan setiap ada perubahan sistem baik itu akibat perubahan tambahan instalasi misalnya tambahan gardu induk, tambahan trafo, tambahan transmisi maupun perubahan beban maka harus dilakukan studi ulang [4].

Analisis kontingensi dilakukan dengan mengacu pada keadaan sistem yang sebenarnya, maka diperlukan 2 metode analisis yaitu metode aliran daya dan metode performansi indeks. Metode aliran daya dilakukan untuk mendapatkan informasi aliran daya maupun tegangan sistem. Di dalam metode aliran daya ini terdapat 3 metode dalam penyelesaiannya, yaitu metode *Newton-Raphson*, *Gauss-Seidel*, dan *Fast Decoupled*. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan satu sama lain, namun metode *Fast Decoupled* dianggap lebih baik karena telah banyak penyempurnaan dari metode-metode yang lain seperti penggunaan memori komputer yang lebih kecil dari metode lain karena mengabaikan sub matriks J2 dan J3 dan dapat diterapkan pada jaringan sistem besar maupun kecil serta cepat mencapai konvergen [5]. Adapun metode performansi indeks dilakukan untuk mengukur tingkat keparahan dari suatu kontingensi yang dimana tingkat keparahan suatu kontingensi ditunjukkan oleh tingginya nilai performansi indeks (PI) tersebut, semakin besar nilai PI maka semakin besar pula dampak dari suatu kontingensi. Besaran nilai PI akan mewakili tiap kasus kontingensi yang selanjutnya nilai PI diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil untuk mendapatkan daftar kontingensi dari tiap kasus kontingensi [6]. Metode ini juga menentukan saluran transmisi yang mengalami pembebanan lebih dan bus yang mengalami *overvoltage* maupun *undervoltage*.

Penelitian-penelitian mengenai analisis kontingensi pada sistem tenaga listrik telah banyak dilakukan sebelumnya, seperti penelitian tentang analisis kontingensi dan ranking pada jaringan 400 kV Karnataka menggunakan Mipower, analisis kontingensi menggunakan metode *fast decoupled power flow* untuk melihat aliran daya aktif dan tegangan sistem pada kondisi kontingensi dan dilanjutkan ke tahap hitungan indeks performansi tegangan (PI_V) dan daya aktif (PI_{MW}) untuk diberi daftar ranking kontingensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ranking 1 kontingensi berdasarkan PI_V yaitu saluran transmisi Bastipura – Dummy21 sebesar 409,1 sedangkan ranking 1 kontingensi



berdasarkan PI_{MW} yaitu saluran transmisi UPCL – Shanthigrama sebesar 14,69 [7].

Selanjutnya penelitian mengenai analisis kontingensi sistem tenaga listrik 30 Bus IEEE berdasarkan metode aliran daya *fast decoupled* yang hanya terjadi pelepasan satu saluran antar bus. Perhitungan aliran daya dilakukan dengan bantuan *software* Matlab untuk mendapatkan nilai daya aktif saluran, kemudian dilakukan perangkian saluran sesuai nilai *performance index* [8]. Penelitian mengenai analisis kontingensi saluran transmisi sistem tenaga listrik 5-Bus, IEEE-14 Bus dan IEEE-30 Bus menggunakan *fast decoupled load flow* dengan bantuan simulasi Matlab. Analisis yang dilakukan berdasarkan perhitungan 2 performansi indeks yaitu *active power performance index* dan *reactive power performance index* yang kemudian hasil perhitungan tersebut di buat daftar rangking kontingensi [9].

Berdasarkan permasalahan-permasalahan di atas, maka analisis kontingensi ini perlu dilakukan pada sistem tenaga listrik khususnya pada jaringan transmisi 150 kV Subsistem Riau untuk menjaga keamanan dan keandalan dalam operasi sistem tenaga listrik Riau di masa yang akan datang, sehingga penulis tertarik melakukan penelitian tentang “Analisis Kontingensi pada Jaringan Transmisi 150 kV Subsistem Riau”. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP 12.6 yang menerapkan metode *fast decoupled* untuk melakukan simulasi aliran daya dan hasilnya dilanjutkan dengan menerapkan metode performansi indeks untuk mengukur tingkat keparahan dari suatu kontingensi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka yang menjadi rumusan masalah yaitu bagaimana melakukan analisis kontingensi pada jaringan transmisi 150 kV Subsistem Riau dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut :

1. Perhitungan aliran daya menggunakan simulasi ETAP 12.6.
2. Parameter yang diperhatikan adalah tegangan setiap bus serta pembebanan setiap penghantar 150 kV Subsistem Riau pada kondisi normal dan kondisi kontingensi.
3. Tidak membahas kerugian material pada jaringan transmisi 150 kV Subsistem Riau saat terjadi gangguan kontingensi.



1.4 Hak Cipta, Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang diuraikan diatas, maka tujuan penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Mengetahui Performansi Indeks seluruh saluran transmisi 150 kV Subsistem Riau setelah terjadi kontingensi.
2. Mengetahui daftar peringkat kontingensi berdasarkan nilai performansi indeks dari seluruh saluran transmisi 150 kV Subsistem Riau.
3. Mengetahui pengaruh terjadinya kontingensi saluran transmisi 150 Kv terhadap profil tegangan bus dan pembebanan saluran transmisi Subsistem Riau.
4. Menghasilkan rekomendasi yang digunakan oleh pihak PLN Subsistem Riau untuk menentukan langkah persiapan atau tindakan pemulihan yang tepat terhadap bus-bus yang memiliki profil tegangan diluar batas-batas yang diijinkan sesuai SPLN No 1:1995 dan Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Sumatera serta saluran transmisi yang mengalami pembebanan kritis.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Penulis

Dapat mengaplikasikan perangkat lunak ETAP 12.6 pada penelitian untuk kehidupan yang nyata sebagai alat perhitungan aliran daya pada sistem tenaga listrik sesuai dengan keadaan aslinya.
2. Bagi Lembaga Pendidikan

Sebagai bahan referensi bagi pihak yang membutuhkan.
3. Bagi Perusahaan

Dipergunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan pengoperasian sistem serta upaya untuk memperbaiki keandalan dan keamanan khususnya pada sistem tenaga listrik 150 kV Subsistem Riau untuk mengatasi gangguan kontingensi dan mengurangi dampak dari gangguan kontingensi (N-1).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terkait

Beberapa referensi yang terkait dengan Analisis Kontingensi pada Sistem Tenaga Listrik dapat dilihat dari penelitian sebelumnya mengenai “Studi Analisis Kontingensi pada Jaringan Interkoneksi 150 kV Sub Sistem Aceh” yang menjelaskan terjadinya kontingensi yang disebabkan oleh terlepasnya saluran transmisi pada sistem 150 kV Aceh sehingga mengakibatkan perubahan tegangan pada bus dan *overload* pada saluran transmisi sehingga diperlukan perbaikan untuk mengatasi masalah tersebut dengan melakukan simulasi analisis kontingensi menggunakan ETAP 12.6 untuk menentukan solusi dari masalah yang ditimbulkan oleh saluran transmisi yang terputus. Metode aliran daya yang digunakan yaitu metode *Gauss-Seidel* dengan percobaan 6 kasus kontingensi. Dari hasil simulasi terdapat 3 bus yang mengalami penurunan tegangan melewati batas izin tegangan akibat kontingensi saluran penghantar, yaitu Banda Aceh (134,8 kV), Lhokseumawe (134,6 kV), dan Pantan Labu (133,8 kV) dan terdapat 1 saluran transmisi yang mengalami pembebanan kritis akibat kontingensi saluran penghantar tersebut yaitu saluran Lhokseumawe – Arun dengan arus nominal sebesar 84 %. Masalah tegangan turun dan pembebanan kritis dapat diatasi dengan melakukan pelepasan beban (*load shedding*) pada masing-masing kasus kontingensi [1].

Penelitian terkait kedua mengenai “Analisis Kontingensi pada Sistem Tenaga Listrik Sumatera Barat Menggunakan Power World”. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh kontingensi pembangkit dan saluran transmisi terhadap perubahan tegangan dan aliran daya pada sistem tenaga listrik Sumatera Barat. Analisis kontingensi dilakukan menggunakan *software* Power World simulator GSO 20 menggunakan metode analisis aliran daya *Newton-Raphson*. Hasil penelitian diketahui bahwa ketika kontingensi pembangkit terdapat gangguan saat pelepasan pembangkit Teluk Sirih dimana sistem tidak dapat menyuplai kebutuhan beban yang ada sehingga tidak layak beroperasi. Bus yang memiliki tegangan terkecil adalah bus Teluk Kuantan (90,03 %) saat kontingensi pembangkit Ombilin dan pembebanan terbesar terjadi pada saluran Indarung-Semen Padang sebesar 73,3 %. Sedangkan hasil simulasi kontingensi saluran transmisi tidak



terdapat bus yang melanggar batasan tegangan yang ditetapkan namun terdapat beban tertinggi pada saluran Indarung-Semen Padang sebesar 73,3 % [3].

Penelitian terkait ketiga mengenai “Analisis Kontingensi Saluran Transmisi Pada Jaringan 150 kV Surabaya Selatan”. Tujuannya untuk menentukan perbandingan daya aktif dan daya reaktif saat kondisi normal dan setelah kontingensi pada saluran transmisi (N-1), menentukan urutan performansi indeks terhadap gangguan kontingensi, menentukan total jumlah *contingency violation* serta menemukan solusi yang harus dilakukan untuk mengatasi kemungkinan terjadinya *contingency violation* pada jaringan transmisi 150 kV Surabaya Selatan. Penelitian ini menggunakan metode analisis aliran daya *Newton-Raphson* dan *Performance Index* dengan percobaan 2 kasus kontingensi dengan bantuan ETAP yang hasilnya menunjukkan saluran transmisi Rungkut – Sukolilo menjadi urutan pertama performansi indeks terhadap gangguan kontingensi dengan nilai *PI average* 0,12967 dan urutan terakhir yaitu saluran Sukolilo – Wonorejo dengan nilai *PI average* 0,00311, sedangkan solusi yang dipilih yaitu penambahan saluran karena pihak konsumen tidak akan dirugikan namun membutuhkan investasi yang cukup besar [6]. Kekurangan dari penelitian ini ialah hanya memberikan solusi perbaikan tanpa dilakukan uji coba aliran daya.

Penelitian terkait keempat mengenai “*Contingency Analysis and Ranking on 400 kV Karnataka Network by Using Mipower*”. Analisis kontingensi dilakukan dengan bantuan Mipower menggunakan metode *Fast Decoupled Power Flow* untuk melihat aliran daya aktif dan tegangan sistem pada kondisi saluran transmisi terlepas (*Line Outage*). Hasil aliran daya dilanjutkan ke tahap hitungan indeks performa tegangan (PI_V) dan daya aktif (PI_{MW}), setelah itu diberi daftar ranking kontingensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ranking 1 kontingensi berdasarkan PI_V yaitu saluran transmisi Bastipura – Dummy 21 sebesar 409,1 sedangkan ranking 1 kontingensi berdasarkan PI_{MW} yaitu saluran transmisi UPCL – Shanthigrama sebesar 14,69 [7].

Penelitian terkait kelima mengenai “Analisis Kontingensi Sistem Tenaga 30 Bus IEEE Berbasis Metode Aliran Daya Fast Decoupled”. Pada penelitian ini dilakukan kontingensi dimana hanya terjadi pelepasan satu saluran antar bus. Perhitungan aliran daya dilakukan dengan bantuan *software* Matlab untuk mendapatkan nilai daya aktif saluran, kemudian dilakukan perankingan saluran sesuai nilai *Index Performance*. Hasil perhitungan menunjukkan nilai *PI* terbesar terdapat pada saluran 1-2 sebesar 18,5736,



karena pada saluran tersebut terdapat generator referensi pada sistem sehingga diperlukan penambahan daya pada generator saluran yang terdekat dengan pelepasan saluran. Selain itu terdapat saluran yang mengalami *overload* yaitu saluran 1-3, 3-4 dan 4-6 sehingga diperlukan penambahan nilai batasan kapasitas maksimum saluran menjadi 350 MW untuk saluran 1-3 dan 3,4, sementara saluran 4-6 menjadi 160 MW agar dapat menghindari terjadinya pemadaman bertingkat [8].

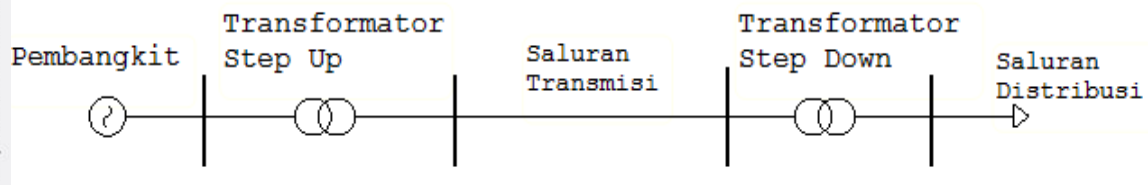
Penelitian terkait keenam mengenai “*Improved Transmission Line Contingency Analysis in Power System using Fast Decoupled Load Flow*”. Analisis kontingensi dilakukan pada sistem 5-Bus, IEEE-14 Bus dan IEEE-30 Bus menggunakan simulasi Matlab. Penelitian ini akan mengidentifikasi tingkat keparahan suatu kontingensi dengan melakukan perhitungan performansi indeks setiap kontingensi. Perhitungan performansi indeks yang dilakukan ada 2 yaitu *active power performance index* (PIp) dan *reactive power performance index* (PIv). Hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa saluran transmisi 1 sistem 5-bus menjadi urutan pertama untuk tingkat keparahan, saluran transmisi 16 sistem IEEE-14 Bus menjadi urutan pertama untuk tingkat keparahan kontingensi, dan saluran transmisi 9 sistem IEEE-30 Bus menjadi urutan pertama untuk tingkat keparahan kontingensi. Perhatian khusus terhadap saluran-saluran tersebut perlu dilakukan dengan cara melakukan skema *load shedding* [9].

Berdasarkan penelitian-penelitian terkait tersebut dapat disimpulkan bahwa analisis kontingensi sangat penting dilakukan untuk sistem kelistrikan guna menjaga keamanan dan keandalan operasi sistem dimasa yang akan datang. Pada penelitian ini akan melakukan analisis kontingensi pada jaringan transmisi 150 kV Subsistem Riau. Penelitian ini mengadopsi penelitian dari penelitian terkait kelima dan keenam. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terkait tersebut yaitu penggunaan *software* perhitungan aliran daya dan studi kasus yang berbeda. Studi kasus yang penelitian terkait lakukan yaitu pada sistem IEEE Bus sementara penelitian ini mengambil studi kasus pada sistem tenaga listrik 150 kV Subsistem Riau.

2.2 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah sebuah kesatuan interkoneksi yang terdiri dari pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi [10]. Sistem tenaga listrik dikaitkan sebagai kumpulan yang terdiri dari

komponen-komponen seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang saling berhubungan dan merupakan satu kesatuan sehingga membentuk satu sistem [11]. Pembangkit pada umumnya menghasilkan tenaga listrik dengan tegangan antara 6-20 kV yang kemudian tegangan akan dinaikkan menjadi 150-500 kV dengan menggunakan bantuan transformator *step-up* untuk mengurangi rugi-rugi yang terjadi selama proses penyaluran tenaga listrik. Tegangan akan diturunkan menjadi tegangan sub transmisi yaitu sebesar 70 kV dengan bantuan transformator *step-down* untuk mengurangi resiko yang ditimbulkan ketika saluran transmisi sudah mendekati pemukiman penduduk oleh tegangan yang terlalu tinggi. Kemudian tegangan diturunkan ke tegangan distribusi primer 20 kV untuk disalurkan ke konsumen-konsumen besar. Setelah itu tegangannya akan diturunkan lagi menjadi tegangan rendah 380/220 Volt dalam gardu-gardu distribusi [11]. Diagram satu garis dibawah ini menggambarkan proses penyaluran energi listrik melalui pusat pembangkit sampai ke konsumen :



Gambar 2.1. Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik [11]

2.2.1 Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan media yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit listrik sampai distributor station hingga sampai konsumen pengguna listrik [11]. Ada dua kategori saluran transmisi listrik yaitu saluran udara (*overhead lines*) dan saluran kabel tanah (*underground cable*). Saluran udara menyalurkan daya listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada tiang transmisi atau menara dengan perantara isolator, sedangkan saluran kabel tanah melalui kabel-kabel yang ditanam di bawah permukaan tanah. Menurut jenis arus yang ditransmisikan, dikenal sistem arus bolak-balik (*Alternating Current, AC*) dan sistem searah (*Direct Current, DC*), namun hampir semua saluran transmisi menggunakan sistem AC karena pentransformasian tegangan AC jauh lebih mudah dan murah dibandingkan transformasi tegangan DC [11].

Untuk keperluan analisis dan perhitungan, saluran transmisi dibagi 3 kelas berdasarkan panjang salurannya, antara lain [11]:



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Saluran Pendek

Saluran transmisi yang memiliki jarak saluran dibawah 80 km.

b. Saluran Menengah

Saluran transmisi yang memiliki jarak lebih dari 80 km dan kurang dari 250 km.

c. Saluran Panjang

Saluran transmisi yang memiliki jarak lebih dari 250 km.

Saluran transmisi dibedakan menjadi berdasarkan sistem transmisi dan kapasitas tegangan yang disalurkan, antara lain [11] :

a. Saluran kabel tegangan tinggi (SKTT)

Memiliki kapasitas tegangan yang disalurkan sekitar 30 KV-150 Kv.

b. Saluran udara tegangan tinggi (SUTT)

Memiliki kapasitas tegangan yang disalurkan sekitar 30 Kv-150 Kv.

c. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET)

Memiliki kapasitas tegangan yang disalurkan sekitar 200 Kv-500 kV.

d. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

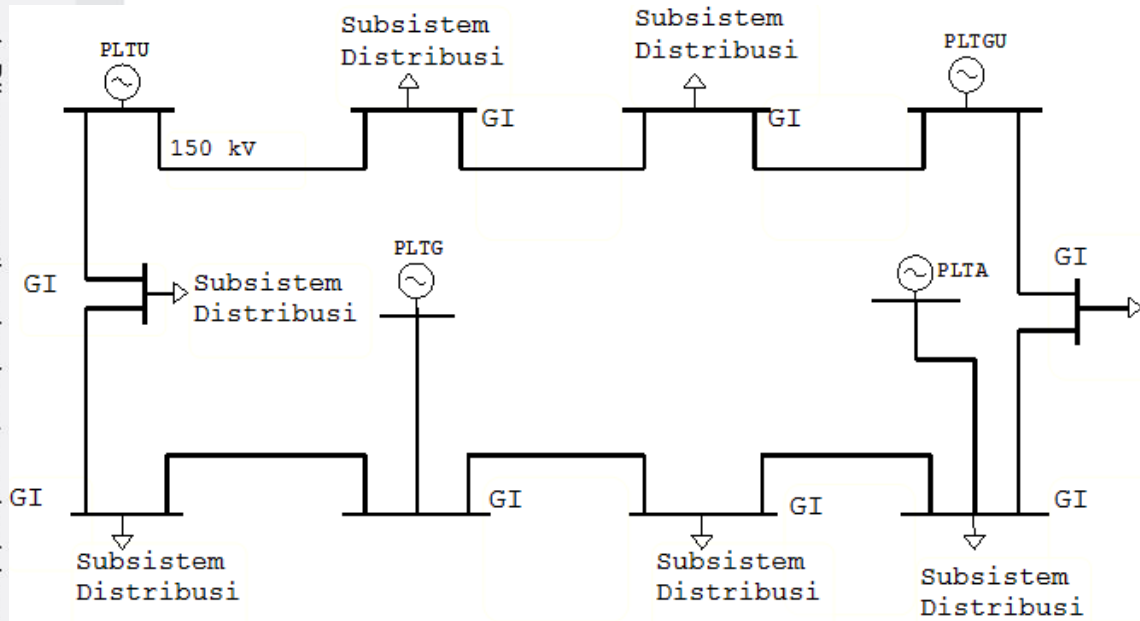
Dapat menyalurkan listrik dengan tegangan senilai 6 kV - 20 kV.

e. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Dapat menyalurkan listrik dengan tegangan senilai 40 V - 1000 V.

2.3 Sistem Interkoneksi

Sistem interkoneksi adalah sistem tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pusat listrik dan gardu induk (GI) yang diinterkoneksi (dihubungkan satu sama lain) melalui saluran transmisi untuk melayani beban pada seluruh gardu induk. Gambar 2.3 menggambarkan sebuah sistem interkoneksi yang terdiri dari sebuah PLTA, sebuah PLTU, sebuah PLTG serta 7 buah GI yang satu sama lain terhubung oleh saluran transmisi. Di setiap GI terdapat subsistem distribusi sebagai beban. Secara listrik, masing-masing subsistem distribusi tidak terhubung satu sama lain. Dalam sistem interkoneksi, semua pembangkit perlu dikoordinir agar dicapai biaya pembangkit yang minimum, tentunya dengan tetap memperhatikan mutu serta keandalan penyediaan tenaga listrik menyangkut tegangan, gangguan dan frekuensi serta masalah penyaluran daya agar tidak terdapat peralatan penyaluran yang mengalami pembebanan lebih [12].



Gambar 2.3. Skema Sistem Interkoneksi [12]

Dalam sistem interkoneksi, terdapat banyak pusat listrik dan GI, yang satu sama lain dihubungkan dengan saluran transmisi. Setiap kejadian operasi di salah satu pusat listrik, GI, atau saluran transmisi dalam sistem interkoneksi akan mempengaruhi sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, harus ada koordinator operasi yang disebut pusat pengatur beban [12].

2.4 Studi Aliran Daya

2.4.1 Pengertian Aliran Daya

Studi aliran daya adalah studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga dan menganalisis kondisi pembangkitan maupun pembebanan sehingga memerlukan informasi aliran daya dalam kondisi normal maupun darurat [13]. Studi aliran daya digunakan untuk penentuan ataupun perhitungan arus, tegangan, daya aktif, daya reaktif maupun faktor daya yang terdapat pada setiap bus sistem tenaga listrik [11].

Berikut beberapa fungsi studi aliran daya antara lain [14]:

1. Untuk mengetahui tegangan-tegangan pada setiap simpul yang ada.
2. Untuk mengetahui komponen jaringan sistem tenaga listrik pada umumnya.
3. Untuk mendapatkan informasi semua peralatan apakah memenuhi batas-batas

yang ditentukan untuk menyalurkan daya yang diinginkan.

Bada stabilitas sistem, hubung singkat dan pembebanan ekonomis.

Penentuan kondisi operasi terbaik pada sistem tenaga listrik.

Perhitungan Aliran Daya

Aliran daya listrik akan selalu mengalir ke beban. Beban-beban yang dialiri daya listrik akan direpresentasikan sebagai daya yang tetap (P), impedansi tetap (Z), tegangan (V), dan arus yang tetap (I). Beban digolongkan menjadi 2 yaitu beban statis (*static load*) dan beban dinamis (*dynamic load*) [11].

Masalah aliran daya mencakup perhitungan aliran dan tegangan sistem pada terminal tertentu. Representasi fasa tunggal selalu dilakukan karena sistem dianggap seimbang [13]. Di dalam studi aliran daya terdapat 3 macam bus antara lain [14], [3]:

1. Slack bus (*swing bus* atau bus berayun)

Bus ini akan menyuplai kekurangan daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dalam sistem. Parameter yang ditentukan adalah tegangan (V) dan sudut fasa (δ). Hanya terdapat 1 *slack bus* pada setiap sistem tenaga listrik yaitu bus yang memiliki pembangkit dengan kapasitas yang paling besar diantara pembangkit yang lain didalam sistem [14], [3].

2. Bus Beban (*Load bus*)

Bus beban merupakan setiap bus yang tidak terdapat generator disebut dengan *load bus*. Bus beban disebut juga dengan bus PQ karena Parameter yang diketahui adalah daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) beban yang diketahui dari perkiraan beban serta daya aktif dan daya reaktif generator (jika) telah ditentukan berdasarkan pengukuran pada saat tertentu. Daya yang disuplai ke dalam sistem tenaga bernilai positif sedangkan daya yang dikonsumsi bernilai negatif [14], [3].

3. Bus Generator (*Generator bus*)

Tegangan pada bus dibuat selalu konstan oleh generator bus sehingga generator bus disebut juga dengan *voltage controlled bus*. Bus generator sering disebut juga dengan PV Bus karena mengatur daya megawatt (MW) melalui *prime mover* (penggerak mula) dan mengatur besaran tegangan melalui arus eksitasi generator [14], [3].

Tabel 2.1. Klasifikasi Bus pada Sistem Tenaga Listrik [14], [3]

Bus	Besaran diketahui	Besaran yang dihitung	Keterangan
Slack	$ V = 1.0$	P_G	Ada satu dalam sistem
	$\delta = 0$	Q_G	
Generator (PV)	$ V $	Δ	Setiap bus yang terdapat generator
	P_G	Q_G	
Beban (PQ)	P_L	$ V $	Bus yang tidak terdapat generator
	Q_L	Δ	

Keterangan :

- $|V|$: Tegangan
 δ : Sudut phasa tegangan
 P_G : Daya aktif generator
 Q_G : Daya reaktif generator
 P_L : Daya aktif beban
 Q_L : Daya reaktif beban

Aliran daya dapat diselesaikan melalui beberapa metode. Secara iteratif metode yang umum digunakan yaitu metode *Newton-Raphson*, *Gauss-Seidel*, dan *Fast Decoupled* yang memiliki masing-masing kelebihan dan kekurangan satu sama lain, namun metode *Fast Decoupled* dianggap lebih baik karena telah banyak penyempurnaan dari metode-metode yang lain, dapat diterapkan pada jaringan sistem besar maupun kecil serta cepat mencapai konvergen. Selain itu, metode ini menggunakan memori komputer yang lebih kecil dari metode lain karena mengabaikan sub matriks J2 dan J3 [5].

2.4.3 Perhitungan Aliran Daya dengan Metode *Fast-Decoupled*

Perhitungan aliran daya menggunakan metode *Fast-Decoupled* dimulai dengan menghitung impedansi jaringan (Z_{ij}) menggunakan persamaan (2.1) berikut [15] :

$$Z_{ij} = R_{ij} + jX_{ij} \quad (2.1)$$

dimana

Z_{ij} Impedansi jaringan antara bus i dan bus j



R_{ij} : Resistansi jaringan antara bus i dan bus j
 X_{ij} : Reaktansi jaringan antara bus i dan bus j

Menghitung total impedansi saluran dengan persamaan sebagai berikut [15] :

$$Z = R + jX \times l$$

Panjang Saluran (km)

Setelah itu dibentuk admitansi jaringan dengan menggunakan persamaan (2.3) dan (2.4) berikut [15] :

$$Y_{ij} = Y_{rij} + Y_{xij}$$

(2.3)

$$Y_{rij} = \frac{R_{ij}}{R_{ij}^2 + X_{ij}^2}$$

(2.4)

$$Y_{xij} = -\frac{X_{ij}}{R_{ij}^2 + X_{ij}^2}$$

(2.5)

Selanjutnya matrik admitansi bus Y dibentuk dalam bentuk rectangular dengan komponen-komponen yang terdiri dari kapasitansi saluran, admitansi jaringan, dan perubahan *tapping* transformator. Kemudian matrik admitansi bus Y yang terbentuk diubah menjadi bentuk polar. Sebelumnya matrik admitansi bus Y tersebut dipisahkan menjadi komponen matrik G dan matrik B [15].

Dilanjutkan dengan perhitungan daya terjadwal dan daya terhitung untuk setiap bus. Untuk daya terjadwal ini menggunakan persamaan (2.6) dan persamaan (2.7) berikut [15]:

$$P_{jad} = P_{gen} - P_{beban}$$

(2.6)

$$Q_{jad} = Q_{gen} - Q_{load}$$

(2.7)

dimana

P_{jad} Daya aktif terjadwal

P_{gen} Daya aktif generator

P_{beban} Daya aktif beban

Q_{jad} Daya reaktif terjadwal



Q_{gen} : Daya reaktif generator

Q_{load} : Daya reaktif beban

Untuk daya terhitung dihitung dengan persamaan (2.8) dan (2.9) berikut [15] :

$$P_i^{hit} = \sum_{n=1}^n [Y_{in} V_i V_n] \cos(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \quad (2.8)$$

$$Q_i^{hit} = \sum_{n=1}^n [Y_{in} V_i V_n] \sin(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \quad (2.9)$$

dimana

P_i^{hit} : Daya aktif terhubung pada bus i

Q_i^{hit} : Daya reaktif terhubung pada bus i

V_i dan θ_i : Magnitude tegangan dan sudut fasa pada bus i

V_j dan θ_j : Magnitude tegangan dan sudut fasa pada bus j

Y_{in} dan θ_{in} : Magnitude tegangan dan sudut fasa elemen matrik admitansi Y

Setelah dilakukan perhitungan daya terjadwal dan daya hitung, dilanjutkan dengan perhitungan daya *mismatch* dengan menggunakan persamaan (2.10) dan (2.11) berikut [15]:

$$\Delta P_n = P_n^{jad} - P_n^{hit} \quad (2.10)$$

$$\Delta Q_n = Q_n^{jad} - Q_n^{hit} \quad (2.11)$$

dimana

ΔP_n : Mismatch daya aktif bus ke n

ΔQ_n : Mismatch daya reaktif bus ke n

Setelah *mismatch* daya dihitung maka selanjutnya dibentuk matrik Jacobian. Pembentukan matrik Jacobian dalam metode *Fast Decouple* mempunyai beberapa perbedaan dibandingkan dengan metode-metode yang lain karena [15] :

- Perbedaan sudut fasa tegangan tiap bus cukup kecil.
- Perbandingan nilai X/R saluran cukup tinggi sehingga nilai $G_{ij} \sin \delta_{ij} < B_{ij}$
- Nilai daya reaktif tiap bus Q_i selalu lebih kecil dari nilai $B_{ii} V_i^2$



Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut [15]:

$$[\Delta P] = [VB'V][\Delta\delta] \quad (2.12)$$

$$[\Delta Q] = [VB''V] \left[\frac{\Delta|V|}{|V|} \right] \quad (2.13)$$

dimana elemen-elemen matrik B' dan B'' adalah elemen matrik B dengan persamaan sebagai berikut [15] :

$$B'_{ij} = -\frac{1}{x_{ij}} \quad i \neq j \quad (2.14)$$

$$B'_{ij} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{x_{ik}} \quad i = j \quad (2.15)$$

$$B'_{ij} = -B_{ij} \quad (2.16)$$

Kemudian persamaan (2.12) dan (2.13) di konversi menjadi

$$\left[\frac{\Delta P}{V} \right] = [B'][\Delta\delta] \quad (2.17)$$

$$\left[\frac{\Delta Q}{V} \right] = [B''][\Delta V] \quad (2.18)$$

sehingga dalam perhitungan selanjutnya diperoleh

$$[\Delta\delta] = [B']^{-1} \left[\frac{\Delta P}{V} \right] \quad (2.19)$$

$$[\Delta V] = [B'']^{-1} \left[\frac{\Delta Q}{V} \right] \quad (2.20)$$

Persamaan (2.19) dan (2.20) tersebut dikenal sebagai persamaan *Fast Decouple Load Flow* (FDLF). Perbedaan nilai sudut fasa dan magnitudo tegangan tiap bus antara yang lama dengan yang baru selanjutnya dibandingkan dengan nilai ketelitian yang telah ditentukan. Jika nilai ketelitian belum tercapai maka iterasi diulangi dari awal hingga memenuhi nilai



ketelitian dan mencapai konvergen, perhitungan akan dihentikan jika telah mencapai konvergen. Setelah itu daya *slack* bus, aliran daya antar bus dan rugi-rugi daya antar bus dihitung. Untuk daya pada *slack* bus dihitung dengan persamaan (2.21) dan (2.22) berikut

$$P_i = \sum_{n=1}^N [Y_{in} V_i V_n] \cos(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \quad (2.21)$$

$$Q_i = - \sum_{n=1}^N [Y_{in} V_i V_n] \sin(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \quad (2.22)$$

dimana

P_i Daya aktif pada *slack* bus

Q_i Daya reaktif pada *slack* bus

Untuk aliran daya antar bus dihitung dengan persamaan (2.23) dan (2.24) berikut [15] :

$$S_{ij} = V_i (V_{ij}^* Y_{ij}^* + V_i^* Y_{ij} c_{ij}) \quad (2.23)$$

atau

$$P_{ij} - jQ_{ij} = V_i^* (V_i - V_j) Y_{ij} + V_i^* V_i Y_{ij} c_{ij} \quad (2.24)$$

dimana

S_i Aliran daya kompleks dari bus i ke bus j

P_{ij} Aliran daya aktif dari bus i ke bus j

Q_{ij} Aliran daya reaktif dari bus i ke bus j

V_i Magnitude tegangan di bus i

V_j Magnitude tegangan di bus j

V_{ij} Magnitude tegangan antara bus i dan bus j

Y_{ij} Admitansi antara bus i dan bus j

$Y c_{ij}$ Admitansi *line charging* antara bus i dan bus j

Menghitung rugi-rugi daya antar bus dengan persamaan (2.25) berikut [15] :

$$S_{ij}(\text{losses}) = S_{ij} + S_{ji} \quad (2.25)$$



dimana

1. S_{ij} : $Losses$ daya kompleks dari bus i ke bus j

: Daya kompleks dari bus i ke bus j

: Daya kompleks dari bus j ke bus i

Analisis Kontingensi

Pengertian Kontingensi

Kontingensi merupakan suatu kejadian yang disebabkan oleh kegagalan atau pelepasan dari satu atau lebih transmisi atau generator. Istilah ini berhubungan dengan kemampuan sistem tenaga listrik dalam melayani beban apabila terjadi gangguan pada salah satu komponennya. Walaupun sistem dalam keadaan normal, tetapi dengan adanya kontingensi ini, maka untuk menyalurkan daya listrik ke beban digunakan lebih dari satu saluran. Dalam pengujian sistem keamanan sistem tenaga listrik maka digunakan analisis kontingensi. Analisis ini juga merupakan suatu kelanjutan hasil perhitungan aliran daya dalam mempertimbangkan berbagai pengaruh yang mungkin terjadi dalam sistem di masa yang akan datang untuk mengatasi terjadinya kasus-kasus yang disebabkan oleh kontingensi saluran transmisi. Analisis ini dapat dijadikan alat secara *offline* untuk melakukan studi analisis kontingensi dan juga sebagai alat *online* untuk memberikan informasi kepada operator tentang efek dari pelepasan sistem yang akan datang sehingga operasi pemulihan yang telah direncanakan untuk menghadapi pelepasan sistem [6]. Melakukan analisis kontingensi yaitu dengan cara membuat skenario gangguan berupa terlepasnya sebuah generator atau saluran transmisi dari sistem tenaga listrik.

2.5.2 Pembagian Analisis Kontingensi

Analisis kontingensi terbagi menjadi 2, yaitu sebagai berikut [16], [3] :

1) Analisis Kontingensi Tunggal (*Single Contingency*)

Analisis kontingensi tunggal adalah analisis kontingensi yang dilakukan setelah salah satu bagian sistem terputus aliran listrik (*outage*), artinya tidak terjadi pemutusan secara bersamaan. Pemutusan bisa disebabkan oleh terlepasnya salah satu transformator, saluran, generator dari sistem ataupun terjadinya pergeseran pembangkit baik karena pemeliharaan rutin yang direncanakan, maupun terpaksa karena gangguan atau kondisi cuaca.

2) Analisis Multi Kontingensi (*Multiple Contingency*)



Analisis multi kontingensi adalah analisis yang dilakukan apabila terjadi dua kontingensi tunggal berturut-turut dengan menghitung perubahan arus yang mengalir ke setiap saluran dengan mengkombinasikan faktor-faktor distribusi dari kontingensi tunggal yang telah dihitung lebih dahulu pada studi kontingensi tunggal.

2.3 Seleksi Kontingensi

Pengelompokan saluran memerlukan suatu parameter yang dapat dipakai untuk mengidentifikasi seberapa parah pengaruh terlepasnya saluran tersebut pada sistem tenaga, hal itu dikenal sebagai seleksi kontingensi. Pengelompokan kontingensi dilakukan dengan cara menghitung tingkat keparahan dari suatu kontingensi pada saluran yang dikenal sebagai performansi indeks. Nilai performansi indeks yang didapatkan akan diurutkan dari nilai terbesar hingga terkecil [17], [9]. Performansi indeks adalah sebuah indeks yang digunakan untuk mengukur deviasi dari sebuah variabel sistem tenaga listrik seperti aliran daya, tegangan bus dari nilai *rating* yang telah ditentukan, serta dapat mengevaluasi kestabilan relatif dari sebuah kejadian kontingensi (N-1).

Ada dua jenis performansi indeks (PI) yang biasa digunakan, antara lain :

1. Performansi Indeks Daya Aktif (PI_P)
2. Performansi Indeks Tegangan Saluran (PI_V)

2.5.4 Performansi Indeks Daya Aktif Saluran Transmisi

Performansi indeks daya aktif (PI_P) pada saluran transmisi bisa digunakan untuk mengidentifikasi pelanggaran batasan (aliran daya lebih) yang terjadi pada suatu saluran transmisi. Selain itu untuk menentukan batas *overload* [17], [9].

Persamaan performansi indeks daya aktif:

$$PI_P = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{P_i^{max}} \right)^{2n}} \quad (2.26)$$

Keterangan :

PI_P : Performansi Indeks Daya Aktif pada saluran transmisi

P_i : Daya aktif yang mengalir setelah terjadi kontingensi (N-1) pada saluran i (MW)

P_i^{max} : Kapasitas daya aktif maksimum yang mengalir pada saluran i (MW)



Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

(2.27)

$$P_{I_P} = 0,707 \cdot I_{nom} \cdot V_{nom}$$

Arus Nominal Penghantar (A)
Tegangan Nominal Penghantar (kV)

Nilai performansi indeks daya aktif (PI_P) akan kecil jika semua daya aktif saluran transmisi masih berada dalam batasan dan akan besar jika terdapat satu atau lebih saluran transmisi yang mengalami beban lebih, disini nilai n telah ditetapkan 1 [17], [9].

2.5.5 Performansi Indeks Tegangan Bus

Performansi indeks tegangan pada bus digunakan untuk identifikasi pelanggaran batasan (tegangan lebih) yang terjadi pada bus [17], [9].

Persamaan performansi indeks tegangan:

$$PI_V = \sum_{i=1}^{N_{pq}} \left[\frac{2(V_i - V_{inom})}{V_{imax} - V_{imin}} \right]^2$$

dimana
 PI_V Performansi Indeks Tegangan pada Bus
 V_i Tegangan bus i setelah terjadi kontingensi (N-1) (kV)
 V_{imin} Batas tegangan minimum (135 kV)
 V_{imax} Batas tegangan maksimum (165 kV)
 V_{inom} Rata-rata dari V_{imax} dan V_{imin} (150 kV)
 N_{pq} Jumlah bus beban

Jumlahkan nilai performansi indeks daya aktif dan nilai performansi indeks tegangan pada saluran transmisi dengan persamaan dibawah ini :

$$PI = PI_P + PI_V$$

(2.29)



dimana :

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

2. Dilarang mengutip hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

3. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

7. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

8. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

9. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

10. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

11. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

12. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

13. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

14. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

15. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

16. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

17. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

18. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

19. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

20. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

21. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

22. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

23. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

24. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

25. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

26. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

27. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

28. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

29. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

30. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

31. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

32. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

33. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

34. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

35. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

36. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

37. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

38. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

39. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

40. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

41. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

42. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

43. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

44. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

45. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

46. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

47. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

48. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

49. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

50. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nilai Performansi indeks tegangan

Nilai Performansi indeks daya aktif

Setelah nilai performansi indeks diperoleh maka dibuat sebuah daftar peringkat

dimana saluran yang memiliki nilai PI tertinggi berada di peringkat pertama dan saluran

yang memiliki nilai PI terendah berada di peringkat terakhir [9].

Untuk melihat bagaimana kondisi sistem tenaga listrik setelah terjadi kontingensi

(N-1) pada salah satu elemen sistemnya maka secara umum digunakan nilai performansi

indeks (PI) tersebut. Nilai performansi indeks ini akan berubah-ubah sesuai dengan kondisi

pembebanan. Semakin besar nilai PI yang dihasilkan maka kondisi sistem tenaga listrik

akan semakin buruk (tidak andal dan tidak aman)[9].

2.6 Pembebanan (Loading) Saluran Transmisi

Pembebanan dinyatakan sebagai perbandingan arus yang mengalir pada saluran I

dengan arus maksimum yang diperbolehkan melaluinya (kapasitas penyaluran arus atau

ampacity), hal ini berdasarkan pendekatan kondisi sebenarnya [1]. Pembebanan saluran

dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut [1]:

$$Loading (Saluran) = \frac{I_l}{I_{lmax}} \times 100\%$$

(2.30)

dimana

I_l Arus mengalir pada saluran

I_{lmax} Arus maksimum pada saluran I

2.7 Keamanan Operasi Sistem Tenaga Listrik

Dalam operasi sistem tenaga listrik, selain upaya untuk meminimalisasi biaya

operasi, faktor penting lainnya adalah menjaga keamanan (*security*) dalam operasinya.

Salah satu tindakan pengamanan sistem tenaga yang amat diperlukan adalah menjaga agar

saluran transmisi tidak ada yang mengalami pembebanan lebih, terutama bila terdapat satu

atau beberapa elemen sistem yang terganggu. Pembebanan yang berlebih tersebut akan

mengakibatkan jatuh tegangan pada elemen sistem yang bersangkutan bertambah.



Akibatnya tegangan pada beberapa bus dalam sistem tenaga tersebut menurun. Penurunan tegangan pada setiap bus harus dikontrol, agar tidak melebihi standar yang ditetapkan [17].

Setiap perubahan parameter baik tegangan pada bus-bus maupun kuat arus pada saluran transmisi yang diakibatkan oleh terjadinya gangguan berupa kontingensi memiliki batasan-batasan atau dinamakan dengan standar operasi sistem. Adapun untuk standar operasi tegangan pada bus-bus yaitu diatur oleh SPLN No 1:1995 [18] dan aturan sistem tenaga listrik Sumatera yaitu +10%, -10% dari tegangan nominal 150 kV [19]. Sedangkan untuk standar operasi pembebanan jaringan transmisi tidak melebihi 50% dari arus nominal jaringan transmisi (memenuhi kriteria N-1) [2].

Pada suatu pusat pengatur operasi (*operation control center*), upaya untuk menjaga keamanan sistem dilakukan dalam 3 tahap yaitu [17] :

1. Pemantauan Sistem (*System Monitoring*)

Pemantauan sistem adalah identifikasi *online* dari kondisi sistem tenaga yang sebenarnya. Untuk mendapat informasi *real-time* tentang sistem, belakangan telah dikembangkan sistem yang dikombinasikan dengan sistem kontrol pengawasan yang memungkinkan operator untuk mengontrol sistem dari jarak jauh yang dinamai sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Hasil dari pemantauan ini kemudian diproses untuk memperkirakan kemungkinan-kemungkinan yang dapat terjadi seperti pembebanan lebih atau tegangan yang berada diluar batas untuk selanjutnya dilakukan tindakan pencegahan ataupun perbaikan yang diperlukan.

2. Analisis Kontingensi (*Contingency Analysis*)

Dalam analisis ini gangguan berupa terlepasnya salah satu elemen sistem dari sebuah sistem tenaga listrik yang mungkin terjadi pada dimodelkan, sehingga bisa diambil tindakan yang diperlukan jika benar-benar terjadi.

3. Analisis untuk Tindakan Pemulihan (*Corrective Action Analysis*)

Salah satu bentuk analisis ini dikenal dengan istilah SCOPF (*Security-Constrained Optimal Power Flows*). Dalam SCOPF, analisis kontingensi digabungkan dengan aliran daya optimal diikuti dengan melakukan beberapa penyesuaian, sehingga tidak ada lagi pelanggaran saat terjadi gangguan. Dalam melakukan analisis keamanan, diperlukan informasi-informasi seperti pemantauan keamanan, daftar



peralatan yang sedang dalam kondisi perawatan, daftar kontingensi serta batasan-batasan keamanan.

Kondisi operasi dari suatu sistem tenaga dapat diklasifikasikan sebagai kondisi normal, kondisi darurat (*emergency*), dan kondisi untuk mengupayakan agar sistem kembali normal (*restorative*). Kondisi normal adalah suatu keadaan dimana kebutuhan total dari sistem dapat dilayani dengan memenuhi semua batasan-batasan operasi. Gangguan atau menurunnya kemampuan unit pembangkitan, hubung singkat yang kemudian diikuti dengan terbukanya cabang, naiknya beban diluar perkiraan dan sebagainya dapat menimbulkan dua bentuk kondisi darurat. Bentuk kondisi darurat pertama sistem tetap stabil tetapi beroperasi dengan terdapat pelanggaran terhadap batasan operasi. Pada bentuk ini kebutuhan konsumen tetap dilayani tetapi muncul kondisi tegangan yang tidak normal (*abnormal*), pembebanan pada saluran dan transformator melanggar batasan. Kondisi darurat ini dapat ditoleransi untuk periode waktu tertentu. Pada kondisi darurat yang kedua, sistem menjadi tidak stabil dan beban tidak sepenuhnya dapat disuplai. Bentuk kedua ini akan menyebabkan pelanggaran terhadap batasan pembebanan dan batasan-batasan operasi yang jika tidak dilakukan usaha perbaikan dengan segera maka sistem akan menjadi padam total. Dalam kondisi pemulihan kembali, upaya perbaikan dilakukan sehingga sistem dapat kembali ke kondisi normal [20].

2.8 Perbaikan Parameter yang Melanggar Standar Operasi Sistem

2.8.1 Perbaikan Tegangan Bus yang Melanggar Standar Operasi Sistem

Beberapa solusi yang dilakukan PLN dalam melakukan pengendalian tegangan ataupun perbaikan tegangan bus yang melanggar standar operasi sistem dapat dicapai dengan cara berikut [18] :

1. Generator-generator sinkron yang dilengkapi pengaturan tegangan. Penambahan *stabilization control loops* (*Power System Stabilizer-PSS*) pada pengaturan tegangan untuk memperbaiki stabilitas dinamik dari sistem
2. *Synchronous Condenser*
3. Perubahan *tap* transformator
4. Pengoperasian atau pelepasan SUTT/SUTET
5. *Compensator* Var Statik
6. Reaktor *Shunts*

7. Kapasitor *Shunts*

Untuk mengatasi bus yang mengalami *undervoltage* dapat dilakukan dengan penambahan kapasitor *shunt*. Kapasitor *shunt* pertama kali digunakan pada pertengahan tahun 1910-an untuk memperbaiki faktor daya. Kapasitor pada awalnya menggunakan minyak sebagai dielektrik. Karena ukuran dan beratnya yang besar serta memerlukan biaya yang tinggi membuat penggunaannya pada waktu itu terbatas. Penggunaan kapasitor *shunt* telah meningkat secara signifikan sejak akhir tahun 1930-an. Sekarang, penggunaan kapasitor *shunt* adalah cara yang sangat ekonomis untuk memasok daya reaktif. Kapasitor *shunt* dapat memasok daya reaktif dan meningkatkan tegangan sistem. Kapasitor *shunt* dapat digunakan di seluruh sistem dan diterapkan dalam berbagai ukuran. Keuntungan utama dari pemasangan kapasitor *shunt* adalah rendah biaya, instalasi dan pengoperasian yang mudah dan fleksibel sehingga berkontribusi pada efisiensi transmisi dan distribusi daya [20]. Besar kapasitas kapasitor *shunt* dapat diketahui dengan melakukan perhitungan sebagai berikut [21] :

$$\cos \theta_1 = \frac{P_{Beban}}{S_{Beban}} \quad (2.31)$$

$$Q_2 = P_{Beban} \times \tan(\cos^{-1} \theta_2) \quad (2.32)$$

$$Q_C = Q_{Beban} - Q_2 \quad (2.33)$$

dimana :

Q_C : Besar Kapasitas Kapasitor Daya (MVAR)

P_{Beban} : Daya Aktif Bus Beban Awal (MW)

S_{Beban} : Daya Semu Bus Beban Awal (MVA)

$$S_{Beban} = \sqrt{(P_{Beban})^2 + (Q_{Beban})^2} \quad (2.34)$$

Q_{Beban} : Daya Reaktif Bus Beban Awal (MVAR)

Q_2 : Daya Reaktif Bus Beban Baru (MVAR)

$\cos \theta_1$: Faktor Daya Listrik Awal

$\cos \theta_2$: Faktor Daya Listrik Baru



2.8.2 Perbaikan Saluran Transmisi yang Melanggar Standar Operasi Sistem

Untuk melakukan perbaikan saluran transmisi yang mengalami *overload* akibat kontingensi pada salah satu saluran transmisi dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu [6] :

1. Pengalihan Beban

Mengalihkan atau mengurangi daya pembangkit yang mensuplai kebutuhan daya pada beban melalui saluran transmisi yang mengalami *overload* dengan mengalihkannya ke saluran transmisi lain yang memiliki saluran kondisi aman.

2. Load Shedding

Melakukan tindakan pelepasan beban terhadap saluran transmisi yang mengalami *overload* agar terhindar dari gangguan yang memungkinkan terjadinya pemadaman yang lebih besar. Untuk melakukan mekanisme pelepasan beban ini, perlu diperhatikan lokasi dan jumlah beban yang akan dilepas agar keluaran yang dihasilkan optimal.

3. Penambahan Saluran

Melakukan penambahan transmisi baru untuk menambah tingkat keandalan sistem pada sisi saluran transmisi dari segala jenis gangguan yang kemungkinan terjadi.

2.9 Program Analisis Sistem Tenaga Listrik

Program analisis sistem tenaga listrik terdiri dari berbagai macam, seperti aplikasi ETAP *PoweringSuccess*, DIgSILENT *PowerFactory*, PSSE, Matlab, EDSA dan lain-lain. Pada umumnya, semua program memiliki fungsi yang sama yaitu dapat menganalisis sistem tenaga listrik, sehingga dalam perhitungan yang rumit akan menjadi mudah dengan perhitungan digital. Analisis sistem tenaga listrik yang dapat disimulasikan menggunakan beberapa *software* ini berupa studi aliran daya, analisis transien, analisis hubung singkat, analisis harmonisa dan juga optimalisasi aliran daya. PT.PLN (Persero) P3B Sumatera menggunakan aplikasi DIgSILENT *PowerFactory* dan juga aplikasi PSSE dalam melakukan analisis sistem tenaga listrik [4]. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan aplikasi ETAP *PoweringSuccess* versi 12.6. Aplikasi ETAP dipilih karena memiliki metode iterasi aliran daya *Fast-Decoupled* sesuai dengan pemilihan metode pada penelitian tugas akhir ini sedangkan pada aplikasi DIgSILENT dan PSSE tidak memiliki metode iterasi aliran daya *Fast-Decoupled*.

2.9.1 DIgSILENT (Digital Simulation of Electrical Networks) PowerFactory

DIgSILENT *PowerFactory* adalah aplikasi perangkat lunak analisis sistem tenaga



yang digunakan untuk analisis pembangkitan, transmisi, distribusi dan sistem industri yang mencakup berbagai fungsionalitas mulai dari fitur standar hingga fitur yang sangat canggih seperti pembangkit tenaga angin, *distributed generation*, simulasi *real-time* dan pemantauan kinerja untuk pengujian serta pengawasan sistem tenaga listrik. Selain itu, *DIGSILENT PowerFactory* memiliki minat khusus di bidang simulasi dan energi terbarukan yang terintegrasi grid. *DIGSILENT* sudah digunakan sebagai pemodelan, analisis dan simulasi sistem tenaga listrik selama lebih dari 20 tahun [22].

Pada bagian transmisi daya, *DIGSILENT PowerFactory* menawarkan rangkaian fungsi lengkap untuk mempelajari sistem tenaga listrik yang besar yang saling terinterkoneksi dan mengatasi tantangan baru dan kebutuhan mendesak. Pada bagian distribusi daya, *PowerFactory* menyediakan fitur pemodelan yang komprehensif untuk mempelajari semua jenis jaringan listrik. Pada sistem industri, *PowerFactory* menawarkan beragam kegunaan yang sangat sesuai dengan kebutuhan industri. Pada pembangkitan, *PowerFactory* menawarkan alat yang sangat cocok untuk menganalisis semua komponen pembangkitan energi listrik. *PowerFactory* juga menyediakan berbagai fungsi untuk melakukan studi terhadap pembangkit energy terbarukan yang terintegrasi dengan jaringan distribusi, transmisi, dan industri yang saat ini menjadi salah satu masalah utama dalam perencanaan dan analisis jaringan listrik [22].

Berikut merupakan beberapa keunggulan *DIGSILENT PowerFactory* [22]:

1. Solusi yang ekonomis dengan aplikasi sistem tenaga yang canggih.
2. Kemampuan pemodelan jaringan yang luas dan fleksibel dengan serangkaian model dan kumpulan peralatan listrik.
3. Mendukung semua representasi jaringan listrik.
4. *Single line diagram* yang bagus dan fitur grafis/visualisasi.
5. Konsep manajemen data yang unik termasuk versi proyek dan mekanisme pengarsipan.
6. Terintegrasi dengan sistem seperti GIS, SCADA dan EMS).

DIGSILENT PowerFactory memiliki beberapa fitur dasar sebagai berikut [22]:

1. *Load Flow Analysis* (Analisis aliran beban)
2. *Short Circuit Analysis* (Analisis hubung singkat)



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

3. *Load flow sensitivities (Sensitivitas aliran beban)*
4. *Basic MV/LV Network Analysis*
5. *Power Equipment Models*
6. *Network Representation*
7. *Network Model Management*
8. *Network Diagrams and Graphic Features*
9. *Results and Reporting*
10. *Data Converter*

Selain itu, DlgSILENT *PowerFactory* juga memiliki fitur canggih sebagai berikut [22].

1. *Contingency Analysis (Analisis Kontingensi)*
2. *Network Reduction*
3. *Protection Functions*
4. *Arc-Flash Analysis*
5. *Cable Analysis*
6. *Power Quality and Harmonic Analysis*
7. *Transmission and Distribution Network Tools*
8. *Outage Planning*
9. *Optimal Power Flow*
10. *Stability Analysis Functions*
11. *Motor Starting Functions*

DlgSILENT *PowerFactory* menawarkan berbagai metode perhitungan aliran daya, seperti metode teknik AC *Newton-Raphson* (seimbang dan tidak seimbang) dan metode DC linear [22].

2.9.2 PSSE (*Power System Simulator for Engineering*)

PSSE adalah sebuah alat simulasi dan analisis sistem tenaga untuk pengoperasian dan perencanaan transmisi daya yang digunakan di lebih dari 145 negara di seluruh dunia oleh kesatuan teknisi transmisi dibidang perencanaan, operasi, konsultan, universitas dan laboratorium penelitian. PSSE memungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai fungsi analisis seperti aliran daya, dinamika, *short-circuit*, analisis kontingensi, aliran daya optimal, stabilitas tegangan, simulasi kestabilan transien dan banyak lagi. PSSE didirikan



pada tahun 1972 sebagai perangkat lunak pertama yang tersedia secara komersial untuk simulasi sistem transmisi [23]. PSSE memiliki keunggulan sebagai berikut [23]:

1. Hasil terpercaya yang digunakan sebagai tolak ukur di industri dan penelitian akademik.
2. Data dan model yang mudah ditukar dengan entitas lain di seluruh industri.
3. PSSE menawarkan otomatisasi dan penyesuaian yang luas melalui API, yang termasuk yang paling fleksibel di dunia industri dan berbasis pada teknologi Python™ terbuka.
4. Pemodelan yang lengkap dan juga menghemat waktu.
5. Meningkatkan proses dan efisiensi kerja.
6. Penilaian cepat dan memberikan respon cepat terhadap kondisi jaringan yang terus berubah dan efek yang dihasilkan.

Beberapa fitur standar yang dimiliki aplikasi PSSE sebagai berikut [23] :

1. *Load Flow Analysis*
2. *Integrated Node-breaker Network Representation*
3. *Network Reduction*
4. *Linear Analysis*
5. *Advanced Contingency Analysis*
6. *Interactive Single Line Diagrams*
7. *Steady state Stability (PV-QV)*
8. *Inductor Machine Parameter Modelling*
9. *Results and Reporting*

Aplikasi PSSE juga memiliki beberapa fitur tambahan sebagai berikut [23]:

1. *Dynamic Simulation*
2. *Short-circuit Analysis*
3. *Optimal Power Flow (OPF)*
4. *Transmission Line Parameter Calculation*
5. *Small Signal Stability Analysis*
6. *Advanced Contingency and RAS (Remedial Action Scheme) Tools*

PSSE memiliki 2 metode iterasi aliran daya yang dapat digunakan, antara lain [23]:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Metode iterasi *Newton-Raphson*

Terdiri dari iterasi *Fixed slope decoupled Newton-Raphson*, *Full Newton-Raphson*, dan *Decoupled Newton-Raphson*.

2. Metode Iterasi *Gauss-Seidel*

Terdiri dari iterasi *Gauss-Seidel* dan *Modified Gauss-Seidel*

ETAP PoweringSuccess versi 12.6

ETAP didirikan pada tahun 1986 yang berkantor pusat di Irvine, California, Amerika Serikat dengan kantor yang terdapat di seluruh dunia termasuk di Indonesia. ETAP merupakan produk OTI (*Operation Technology, Inc*) yang merilis versi pertama *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP) sebagai *software* desain dan analisis sistem tenaga listrik. ETAP adalah perancang dan pengembang *software* ETAP, pemodelan, desain yang paling lengkap, analisis, optimasi, pemantauan, kontrol, dan solusi otomatis untuk sistem tenaga listrik. ETAP berkomitmen untuk menyediakan solusi berkualitas untuk sistem tenaga listrik dan saat ini diakui sebagai pemimpin pasar global dalam bidang-bidang tersebut. ETAP memiliki misi untuk menyediakan produk-produk canggih dan layanan teknik yang unggul dengan menggabungkan teknologi canggih dengan standar kualitas tertinggi untuk mencapai kepuasan pelanggan secara keseluruhan. ETAP telah sukses besar selama 30 tahun dengan menyediakan beberapa solusi perusahaan yang banyak digunakan untuk pembangkitan, transmisi, distribusi, industri, transportasi dan sistem tenaga bertegangan rendah. ETAP memiliki tim penelitian dan pengembangan yang didukung oleh staf teknik dan ilmuwan yang memiliki pengetahuan gabungan lebih dari 500 tahun pengalaman [24].

Ada beberapa alasan dari berbagai konsumen terkait mengapa harus menggunakan ETAP sebagai berikut [24]:

1. Setelah menggunakan *software* ETAP sejak tahun 1986, saya menemukan ETAP sebagai alat desain yang paling kuat untuk perancangan sistem tenaga listrik.”- Equilon
2. ETAP adalah alat terbaik untuk menganalisis sistem tenaga listrik.”- Fluor Corp
3. ETAP selalu hadir dengan cara-cara baru dan lebih baik untuk melakukan sesuatu dan menambahkan fitur-fitur terbaru dalam program.”- Exelon
4. Anda tidak dapat melakukan desain dan rekayasa sistem tenaga listrik yang efektif

tanpa memiliki ETAP.”- Wood Harbinger

ETAP telah ditetapkan sebagai “*The Facto Standards*” untuk analisis sistem tenaga listrik untuk semua jenis dan ukuran industri kelistrikan sebagai berikut [24]:

1. Transmisi

ETAP telah memperoleh pasar yang signifikan berbagi di sektor transmisi dan distribusi dengan menawarkan solusi spesifik industri untuk meningkatkan keandalan, stabilitas, fleksibilitas dan kemampuan pengiriman energi ke jaringan listrik.

2. Tenaga Nuklir

ETAP digunakan oleh fasilitas nuklir di Brazil, Kanada, Cina, Finlandia, Prancis, Jerman, India, Jepang, Korea Selatan, Spanyol dan Amerika Serikat, dan termasuk yang pertama di dunia reaktor fusi nuklir.

3. Konsultan

ETAP adalah pemimpin pasar di antara perusahaan konsultan dan EPCs dengan 100% dari 10 perusahaan desain listrik terkemuka menggunakan ETAP untuk mendesain dan menganalisis sistem tenaga. Selain itu, ada 80% perusahaan sudah memiliki lisensi untuk ETAP menurut data dari *Electrical Construction & Maintenance magazine*.

4. Pembangkitan

ETAP adalah analisa sistem tenaga terkemuka di bidang industri pembangkitan bahkan 42% dari perusahaan pembangkit tenaga listrik terkemuka sudah memiliki standar pada ETAP untuk mengizinkan mereka memberikan daya yang andal, bersih dan hemat biaya bagi pelanggan.

5. Data Center

ETAP digunakan oleh pusat data untuk merancang, memprediksi, melacak, mengelola, mengurangi konsumsi energi dan menurunkan jumlah karbon.

6. Pemerintahan

ETAP telah digunakan dibanyak lembaga pemerintahan dan fasilitas keamanan bersenjata. ETAP digunakan dalam penelitian dan pengembangan untuk proyek pemerintah dan militer. ETAP telah dikontrak oleh Amerika Serikat di bidang *General Services Administration (GSA)*.

7. Pendidikan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Perguruan tinggi dan universitas menggunakan ETAP sebagai media pembelajaran dalam sistem kelistrikan untuk merancang, memodelkan dan menganalisis sistem tenaga listrik.

8. Energi Terbarukan

ETAP berkontribusi pada desain, analisis dan pengoperasian pembangkit listrik energi terbarukan seperti angin dan surya.

ETAP memiliki beberapa fitur sebagai berikut [24]:

1. Model dan Visualisasi

Terdapat beberapa fitur seperti *one-line diagram*, *geographic information systems*, *feeder and substation views*, *schematic and control diagrams*, *ground grid views*.

2. Analytical Services

Terdapat beberapa fitur analisis yang memungkinkan untuk simulasi, prediksi, desain dan perencanaan sistem dengan memanfaatkan sebuah single line diagram sistem tenaga listrik seperti *load growth studies*, *load forecasting*, *short circuit analysis*, *arc flash analysis*, *motor acceleration studies*, *load shedding analysis*, *fast bus transfer analysis*, *transient and dynamic stability analysis*, *generator parameter turning*, *harmonic analysis and filter design*, *generator start-up analysis*, *distributed generator (DG)*, *AC and DC transmission analysis*.

3. Protection and Coordination

ETAP menyediakan alat yang cerdas dan kemampuan yang kuat untuk menganalisis sistem proteksi dan memecahkan kesalahan *troubleshoot*, *relay dan breaker mis-operation*, *mis-coordination* dan banyak lagi. Terdapat beberapa fitur seperti *protective device coordination*, *auto protection and coordination evaluation*, *distance relay coordination*, *sequence of operation*, *selectivity zone detection*, dan *protective device library*.

4. Data Exchange and Conversion

ETAP menawarkan alat konversi dari *software* analisa sistem daya yang lama. Selain itu, ETAP mampu impor/ekspor data ke platform pihak ketiga lainnya dan menukar data *interface* ke produk gratis.

ETAP dapat digunakan secara *offline*. ETAP juga dapat digunakan secara *online* sebagai sistem *Real-Time* untuk memantau, mengontrol, mengotomatisasi, mensimulasikan dan mengoptimalkan pengoperasian sistem tenaga listrik. ETAP dapat tersambung ke sistem



SCADA and Monitoring, Power Management System (PMS), Generation Management System (GMS), Transmission Energy Management System (EMS), Distribution Management System (DMS), Microgrid Master Controller (MMC), Intelligent Load Shedding (ILSTM) dan Intelligent Substation Automation (iSubTM) [24].

Ada 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan pada ETAP, yaitu standar ANSI dan IEC yang membedakannya adalah frekuensi yang digunakan sehingga berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekuensi masing-masing. Pada penelitian ini digunakan standar IEC dengan frekuensi 50 Hz.

Urutan dalam perhitungan digital dalam penggunaan *software* ini antara lain adalah

1. Menggambar *single line diagram*
2. Memasukkan nomor dan identitas dari peralatan tersebut (generator, busbar, transformator, penghantar dan beban)
3. Memasukkan data beban, daya aktif (MW), daya reaktif (MVAR), daya semu (MVA), arus, tegangan, dan faktor daya ($\cos \phi$)
4. Memasukkan besarnya nilai tegangan setiap bus
5. Memilih metode iterasi perhitungan aliran daya

ETAP sebagai salah satu program aplikasi yang efisien karena terdapat metode penyelesaian aliran daya seperti metode *Gauss-Seidel*, *Neswton-Raphson*, dan *Fast-Decoupled* sudah diintegrasikan ke dalam program. Walaupun berbagai kemudahan yang diberikan oleh program ETAP seperti program aplikasi lainnya dalam sistem tenaga listrik, tetapi dalam melakukan simulasi tetap harus memperhatikan setiap data-data yang digunakan dalam simulasi harus valid dan mampu merepresentasikan sistem yang sebenarnya [25].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

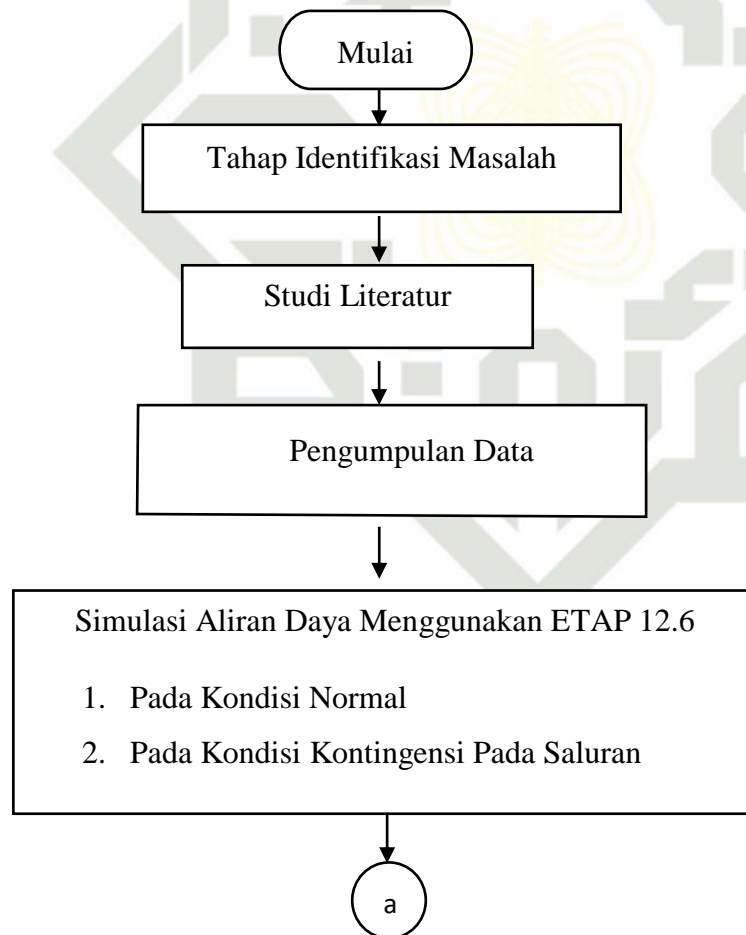
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tentang “Analisis Kontingensi Pada Jaringan Transmisi 150 kV Sistem Riau” ini memiliki jenis penelitian kuantitatif yang bertujuan untuk melakukan perhitungan aliran daya dan mengevaluasi bagaimana unjuk kerja dan indeks keamanan Sistem Riau terhadap terjadinya kasus kontingensi. Analisis kontingensi menggunakan metode yaitu metode deterministik dan metode performansi indeks. Metode deterministik dilakukan dengan membuat simulasi aliran daya terhadap 2 kondisi yaitu pada kondisi normal dan pada saat kontingensi/gangguan. Simulasi dilakukan dengan bantuan *software* ETAP 12.6. Sedangkan metode performansi indeks digunakan untuk mengetahui tingkat keparahan dari suatu kontingensi.



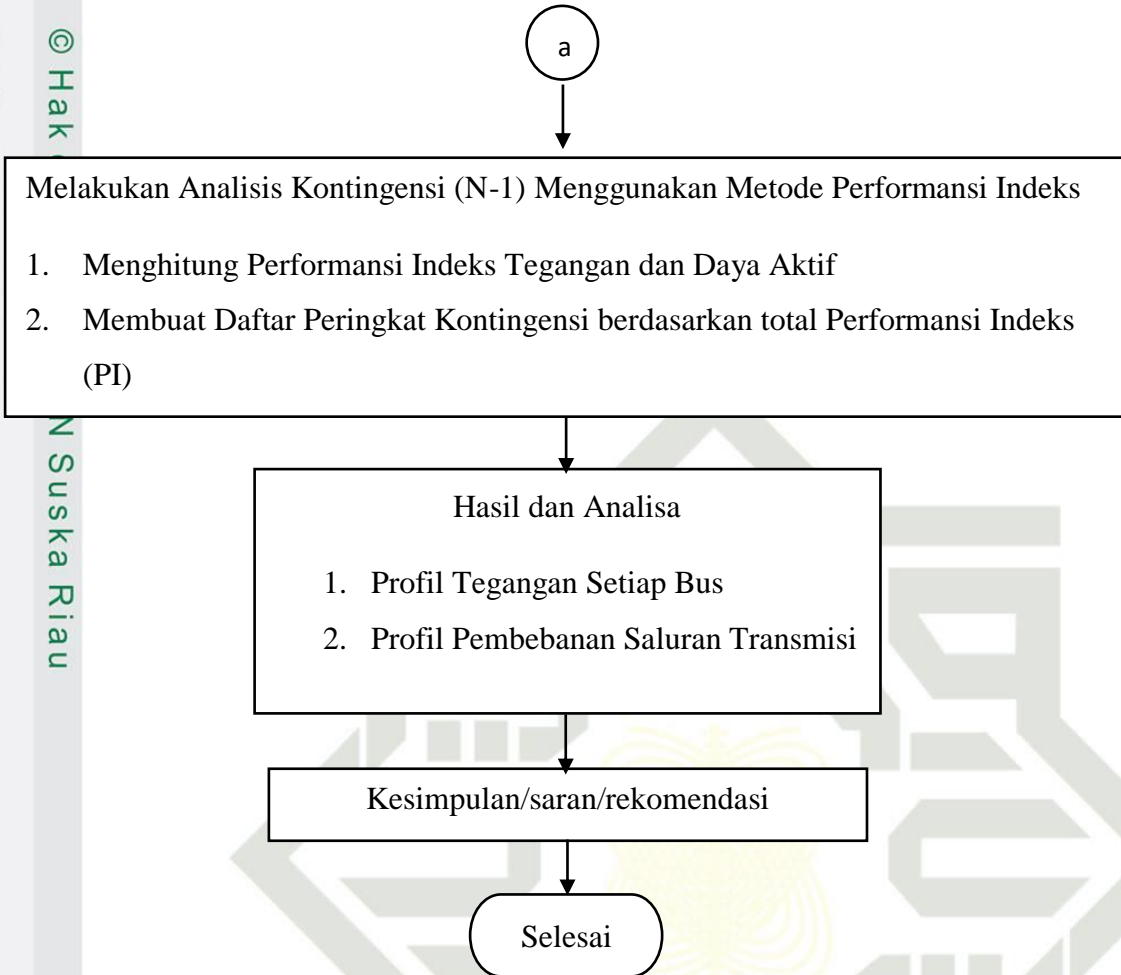
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan yang dilakukan pada penelitian ini :

3.1 Tahap Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah terdapat pada bab 1 yang terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, dan batasan penelitian. Identifikasi masalah dilakukan supaya peneliti mendapatkan gambaran tentang penelitian dan memiliki alasan untuk dapat meneliti aliran daya terhadap terjadinya kontingensi pada sistem jaringan transmisi 150 kV.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengetahui data apa saja yang akan diperlukan dalam penelitian serta bagaimana cara melakukan pengolahan data tersebut. Studi ini dilakukan dengan cara membaca dan mencari informasi yang berkaitan dengan jaringan transmisi, studi aliran daya sebagai proses awal melakukan analisis kontingensi melalui



buku, jurnal-jurnal dan skripsi dari internet yang akan dituangkan pada bab 2 sebagai teori pendukung yang akan digunakan pada penelitian ini.

Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari data sekunder. Data sekunder diperoleh dari data yang dikumpulkan dari PT.PLN (Persero) P3BS dan PT.PLN Sektor Pekanbaru. Data yang diperoleh adalah :

- a. Diagram segaris (*single line diagram*) sistem kelistrikan 150 kV Riau

Penelitian ini dilakukan dengan bantuan simulasi menggunakan *software* ETAP yang dimana memerlukan sebuah *single line diagram* yang akan di rancang kedalam ETAP. *Single line diagram* sistem kelistrikan 150 kV Riau dapat dilihat pada lampiran A-1 [26].

- b. Transformator yang terpasang pada setiap gardu induk di Riau

Transformator daya yang terpasang pada setiap gardu induk di Riau seluruhnya berjumlah 29 buah untuk melayani beban di Riau. Data transformator dapat dilihat pada lampiran A-2 [27].

- c. Saluran transmisi pada sistem kelistrikan 150 kV Riau

Saluran transmisi 150 kV Riau berjumlah 27 saluran. Data saluran transmisi 150 kV yang menghubungkan antara Gardu Induk yang terdapat pada sistem kelistrikan 150 kV Riau dapat dilihat pada Lampiran A-3 [28].

- d. Pembangkit (Generator) yang terhubung pada sistem kelistrikan 150 kV Riau

Di dalam Sistem Kelistrikan Riau, terdapat 22 pembangkit yang menjadi sumber daya untuk memenuhi kebutuhan listrik di Riau. Namun terdapat 2 buah pembangkit yang tidak beroperasi. Seluruh pembangkit masuk kedalam Sektor Pembangkitan Pekanbaru. Adapun total daya mampu yang dihasilkan dari seluruh pembangkit di Riau yaitu sebesar 607,45 MW. Data pembangkit dapat dilihat pada lampiran A-4 [29].

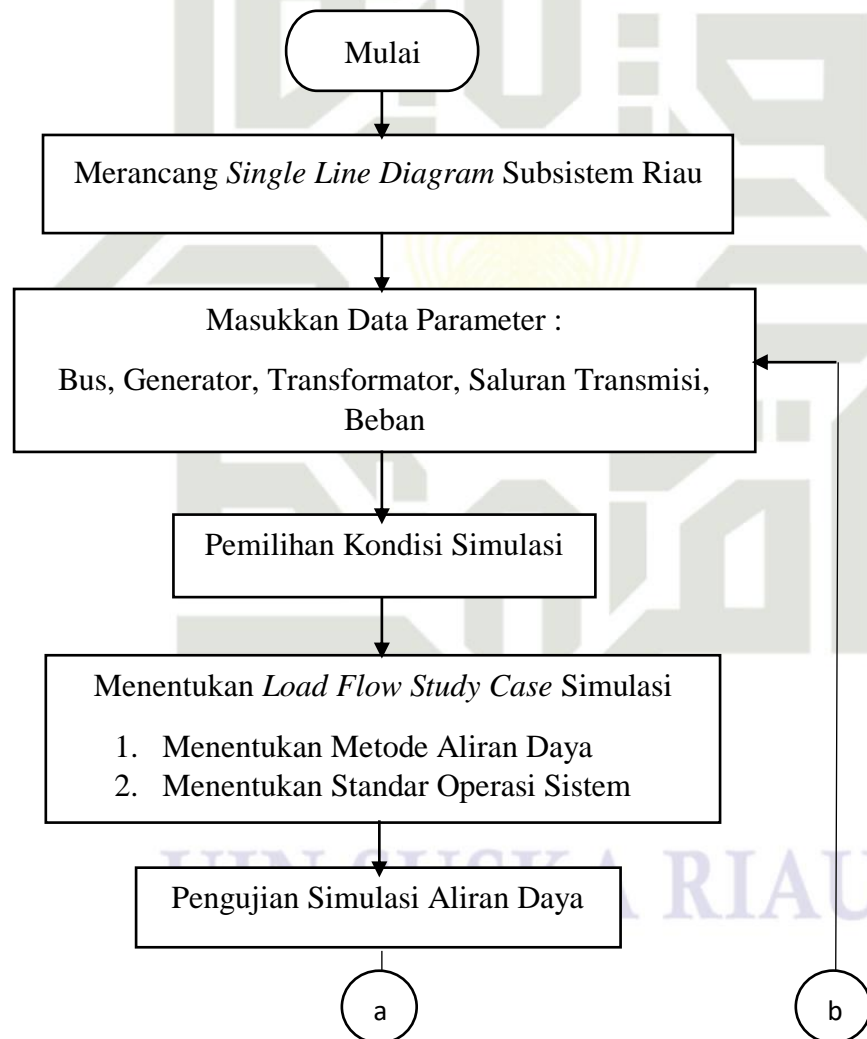
- e. Data beban puncak setiap gardu induk subsistem Riau



Data beban puncak setiap gardu induk di Riau yang digunakan berupa data beban puncak bulan Juli 2019 pada waktu siang hari dan malam hari. Total beban puncak pada siang hari adalah 551,3 MW dan pada malam hari adalah 612,1 MW. Data beban puncak dapat dilihat pada lampiran A-5 [30].

Simulasi Aliran Daya Menggunakan ETAP 12.6

Penelitian ini akan melakukan studi aliran daya untuk mengetahui profil tegangan bus dan pembebanan saluran pada sistem tenaga listrik 150 kV Subsistem Riau. Studi aliran daya dapat dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP 12.6. Adapun tahapan simulasi aliran daya menggunakan ETAP 12.6 sebagai berikut :



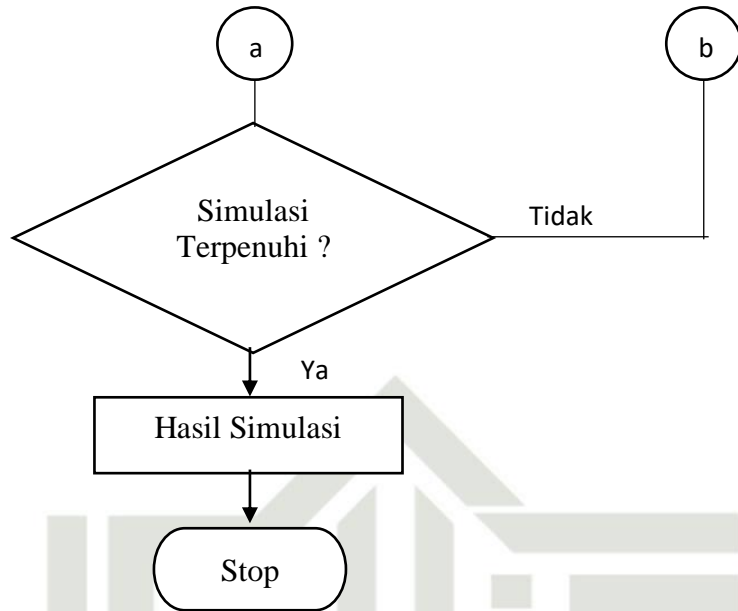
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

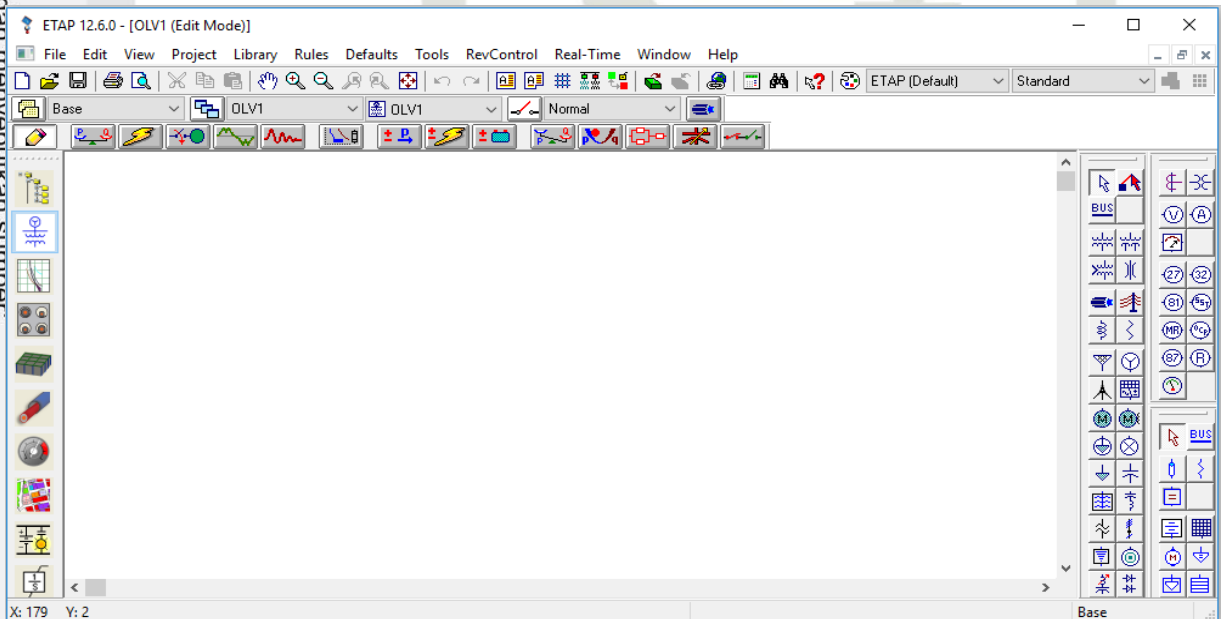
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.2. Tahapan Simulasi Aliran Daya Menggunakan ETAP 12.6

3.4.1 Merancang *Single Line Diagram* Untuk Subsistem Riau

Untuk melakukan simulasi aliran daya pada sistem tenaga listrik, maka diperlukan sebuah *single line diagram* sistem tenaga listrik tersebut. Gambar *single line diagram* subsistem Riau yang telah didapatkan selanjutnya akan di rancang ke dalam lembar *project* ETAP 12.6 (gambar 3.3).



Gambar 3.3. Tampilan Lembar *Project* ETAP 12.6

Dalam merancang *single line diagram* diperlukan data-data untuk mengisi parameter yang digunakan dalam *single line diagram*. Data-data tersebut berupa :

1. Generator

Data generator yang dimasukkan dalam *single line diagram* yaitu sebagai berikut :

- ID Generator
- Data *rating* daya (MW) Generator
- Daya mampu (MW) Generator

2. Bus

Data bus yang dimasukkan yaitu sebagai berikut :

- ID Bus
- Nominal (kV).

Nominal (kV) adalah *rating* tegangan bus saat sistem bekerja dalam keadaan nominal.

3. Tipe Busbar

- Bus referensi/*Slack Bus*
- Bus beban
- Bus generator.

Tabel 3.5. Tipe Busbar Sistem Kelistrikan 150 kV Subsistem Riau

Tipe Busbar	Bus
Bus Referensi	Bus Payakumbuh
Bus Generator	1) Bus Teluk Lembu 2) Bus Tenayan 3) Bus Balai Pungut 4) Bus PLTA Koto Panjang
Bus Beban	1) Bus Koto Panjang 2) Bus Bangkinang 3) Bus Garuda Sakti 4) Bus Pasir Putih 5) Bus Pangkalan Kerinci 6) Bus Perawang 7) Bus Duri 8) Bus Dumai 9) Bus Bagan Batu 10) Bus Kota Pinang

4. Transformator

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- ID Transformator
- Rating* MVA Transformator
- Rating* kV primer dan kV sekunder Transformator
- Impedansi (%Z), Reaktansi dan Resistansi (X/R).

5. Data Saluran Transmisi

- ID Saluran Transmisi
- Panjang saluran transmisi (Km)
- Impedansi (Z+)

6. Beban (*Lumped Load*)

- Rating* MVA, MW beban
- Power Factor* (PF) beban
- Load type* (100% statis). Pemilihan tipe beban statis karena beban sistem dianggap 100% digunakan oleh rumah tangga.

3.4.2 Pemilihan Kondisi Simulasi

Pada penelitian ini, peneliti akan mensimulasikan aliran daya pada Subsistem Riau dalam dua kondisi, yaitu :

- Kondisi normal dengan pembebanan siang hari dan malam hari.

Simulasi aliran daya dilakukan pada kondisi normal tanpa adanya gangguan kontingensi seperti terlepasnya salah satu saluran transmisi dari Subsistem Riau dengan membuat kondisi transmisi (*line*) dalam *in of service*. Total Beban harus lebih besar dibandingkan pasokan daya agar mencerminkan kondisi real sehingga diperlukan penambahan daya dari eksternal grid contohnya transfer daya dari Subsistem Sumbar. Hal tersebut dilakukan agar timbul permasalahan pada saat melakukan studi kontingensi sehingga diperlukan suatu tindakan [4].

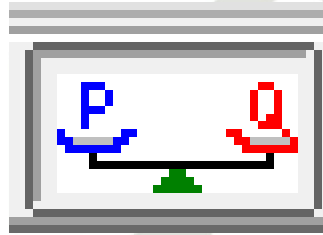
- Kondisi setelah terjadi kontingensi dengan pembebanan pada siang hari dan malam hari.

Sistem kelistrikan 150 kV Riau memiliki 27 buah saluran transmisi 150 kV yang digunakan untuk menyalurkan aliran daya ke seluruh beban Riau. Dengan jumlah saluran tersebut maka dalam melakukan analisis kontingensi saluran transmisi kemungkinan akan terjadi kontingensi saluran transmisi sebanyak 27 kasus. Skenario kontingensi dilakukan dengan cara melepas saluran transmisi dari

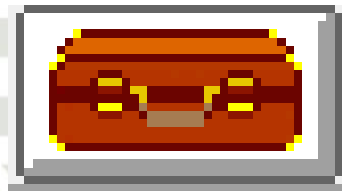
sistem (*line outage*) dengan membuat kondisi *line* pada ETAP menjadi *out of service*.

3.4.3 Menentukan Load Flow Study Case Simulasi

Dalam menentukan *load flow study case*, dapat dilakukan dengan cara memilih sub menu *load flow analysis* (gambar 3.4) pada ETAP, lalu pilih ikon *load flow study case* (gambar 3.5). Didalam ikon *load flow study case* kita dapat menentukan metode aliran daya yang akan digunakan dan batasan standar operasi sistem.



Gambar 3.4. Menu *Load Flow Analysis* pada ETAP 12.6



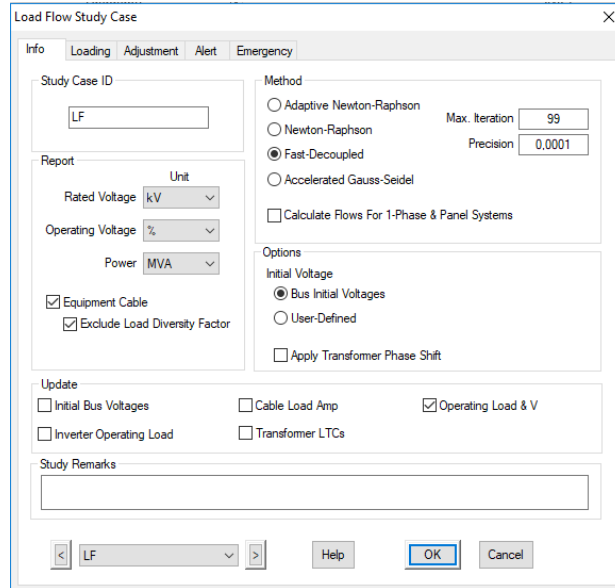
Gambar 3.5. Ikon *Load Flow Study Case* pada ETAP 12.6

1. Metode dapat ditentukan dengan memilih menu *Info* (gambar 3.6). Peneliti memilih metode *Fast-Decoupled*. Metode ini dipilih karena membutuhkan waktu yang sedikit untuk tiap iterasi, pemecahan aliran daya diperoleh dengan cepat dan cepat mencapai konvergen. Metode ini mempunyai perhitungan yang lebih sederhana karena merupakan penyederhanaan persamaan metode *Newton-Raphson*, sedangkan metode *Newton-Raphson* merupakan penyempurnaan dari metode *Gauss-Seidel*.

UIN SUSKA RIAU

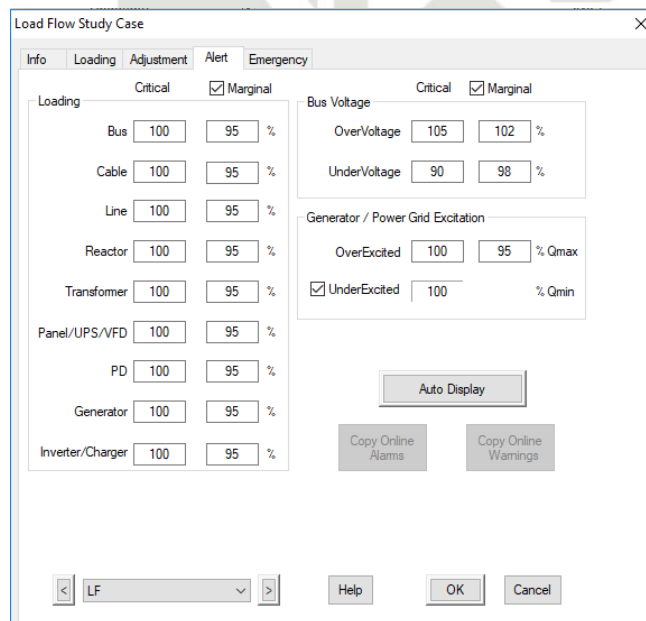
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.6. Tampilan Menu *Info Load Flow Study Case* pada ETAP 12.6

2. Selain menentukan metode yang akan digunakan untuk simulasi aliran daya pada bagian studi kasus, penentuan standar operasi sistem dengan cara memilih menu *Alert* (gambar 3.7). Dalam penelitian ini, standar tegangan tiap bus yaitu +10 % (165 kV), -10 % (135 kV) dari tegangan nominal (150 kV), hal ini mengacu pada SPLN No 1 : 1995. Sedangkan untuk beban penghantar harus memenuhi kriteria keandalan N-1 yaitu dengan batasan standar pembebanan penghantar 50% dari arus nominal penghantar.



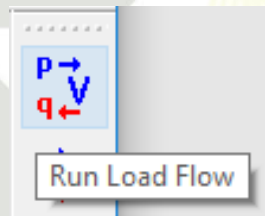
Gambar 3.7. Tampilan Menu *Alert Load Flow Study Case* pada ETAP 12.6



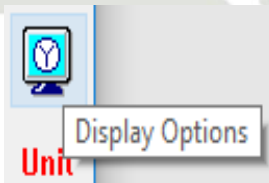
3.4.4 Pengujian Simulasi Aliran Daya

Pengujian simulasi aliran daya dengan meng-klik *run load flow* (gambar 3.8), untuk menampilkan parameter yang diinginkan seperti arus, tegangan, daya dan rugi-rugi daya maka klik *display options* (gambar 3.9). Simulasi yang dijalankan haruslah konvergen. Konvergen adalah nilai-nilai variabel sudah mulai menuju satu titik. Konvergen atau tidaknya suatu simulasi dilihat dari hasil pengujian *load flow* pada ETAP.

Didalam pengujian *load flow* menggunakan metode *fast decouple* dengan persamaan (2.1) s/d (2.25) yang sudah terintegrasi ke dalam *software* ETAP 12.6. ETAP akan mengevaluasi apakah aliran daya sudah sesuai atau belum dengan cara mengklik ikon *run load flow* (gambar 3.8). Parameter yang kurang tepat akan dinyatakan *error* dan apabila proses *running* berhasil maka nilai *drop* tegangan pada masing-masing bus akan muncul serta tanda merah marjinal menunjukkan parameter pada sistem yang bekerja dengan normal. Simulasi akan terpenuhi apabila telah memenuhi standar tegangan bus dan pembebanan saluran yang telah ditentukan. Hasil simulasi aliran daya dapat di rekapitulasi dengan mengklik ikon *load flow report manager*.



Gambar (3.8). Ikon *Run Load Flow* pada ETAP 12.6



Gambar (3.9). Ikon *Display Options* pada ETAP 12.6

3.5 Melakukan Analisis Kontingensi (N-1) Menggunakan Metode Performansi Indeks

Setelah mengetahui aliran daya pada subsistem Riau dalam kondisi normal dan kondisi setelah terjadi kontingensi pada saluran, maka penelitian dilanjutkan ke metode performansi indeks menggunakan persamaan (2.29). Performansi indeks dilakukan dengan



menghitung performansi indeks tegangan saluran (Persamaan 2.26) dan performansi indeks daya aktif saluran (Persamaan 2.27).

Adapun prosedur analisis kontingensi (N-1) menggunakan metode performansi indeks sebagai berikut [9] :

1. Menghitung aliran daya pada saat setelah terjadi kontingensi (N-1) pada saluran transmisi menggunakan simulasi ETAP 12.6.

2. Menghitung performansi indeks daya aktif (PI_{MW}) menggunakan persamaan (2.26) berikut :

$$PI_P = \sum_{l=1}^L \left(\frac{P_i}{P_i^{max}} \right)^{2n}$$

3. Menghitung tegangan pada setiap bus setelah terjadi kontingensi (N-1) pada saluran transmisi terjadi.

4. Menghitung performansi indeks tegangan (PI_V) dengan menggunakan persamaan (2.27), sebagai berikut :

$$PI_V = \sum_{i=1}^{N_{pq}} \left[\frac{2(V_i - V_{inom})}{V_{imax} - V_{imin}} \right]^2$$

5. Melihat daya aktif pada saluran transmisi setelah terjadi kontingensi (N-1) dan menghitung kapasitas daya aktif maksimum yang dapat mengalir pada saluran transmisi dengan menggunakan persamaan (2.28) :

$$P_i^{max} = 0,707 \cdot I_{nom} \cdot V_{nom}$$

6. Menjumlahkan hasil perhitungan performansi indeks tegangan dan performansi indeks daya aktif untuk setiap skenario pelepasan saluran dengan menggunakan persamaan (2.29) sebagai berikut :

$$PI = PI_V + PI_P$$

7. Prosedur diatas dilakukan hingga skenario pelepasan saluran transmisi telah dilakukan secara keseluruhan.

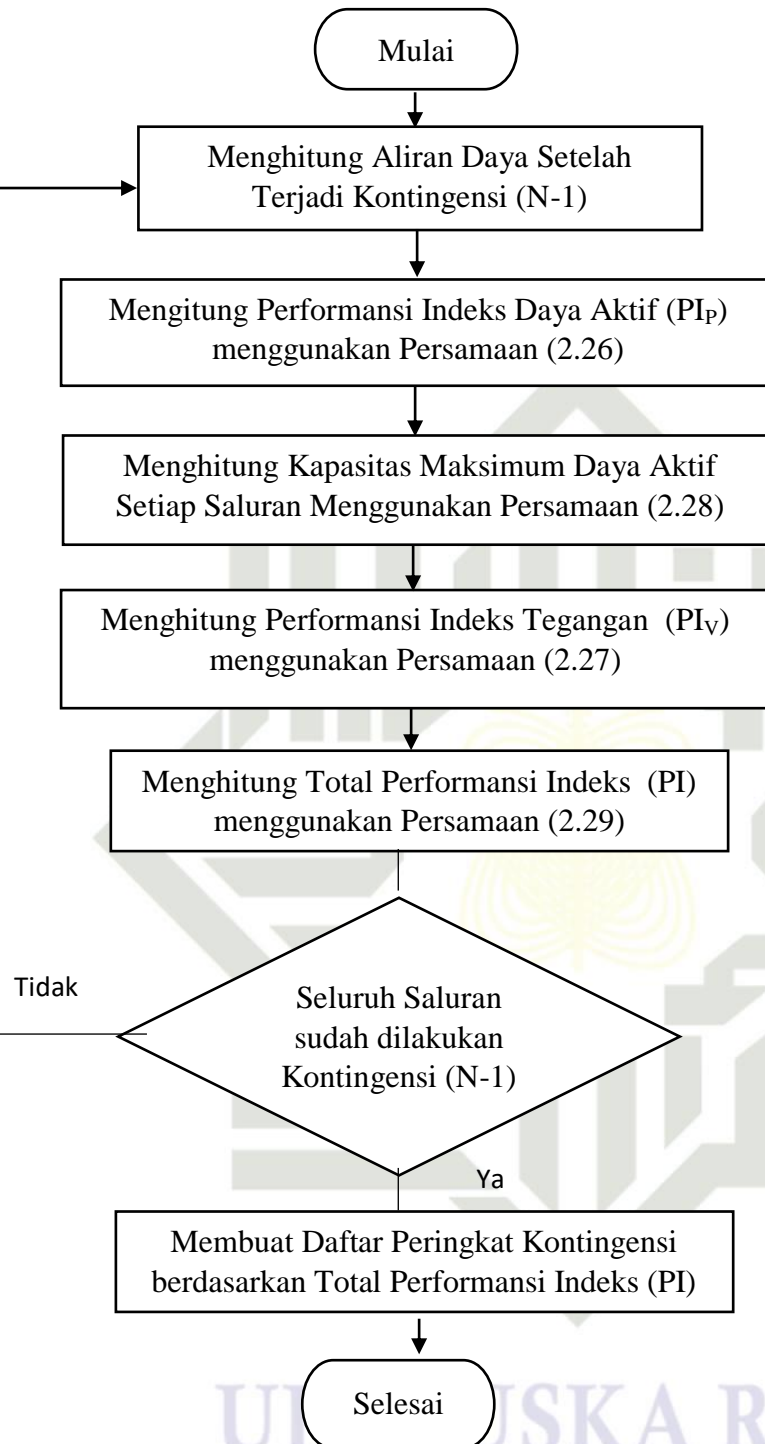
8. Setelah dilakukan seluruh skenario pelepasan saluran transmisi pada sistem, maka selanjutnya dibuat daftar peringkat kontingensi saluran transmisi dari urutan nilai PI yang terbesar hingga yang terkecil [9]. Dari besarnya nilai PI akan memungkinkan terjadinya pelanggaran terhadap batasan operasi sistem pada kasus kontingensi saluran transmisi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.10. Tahapan Analisis Kontingensi Menggunakan Metode Performansi Indeks

3.6 Hasil dan Analisa

Setelah didapatkan daftar peringkat kontingensi (N-1), maka selanjutnya dilakukan analisa terhadap pengaruh dari kontingensi (N-1) pada profil tegangan setiap bus dan pembebanan saluran berdasarkan peringkat tertinggi hingga terendah. Analisa profil

tegangan dilakukan dengan melihat tegangan setiap bus apakah melebihi batas-batas yang telah ditetapkan sesuai SPLN No 1:1995 yaitu +10%, -10% dari tegangan nominal setelah terjadi kontingensi pada salah satu saluran.

Analisa pembebanan saluran dilakukan dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan (2.30). Analisa persen pembebanan seluruh saluran apakah melebihi batas persen pembebanan saluran yaitu sebesar 50%. Analisa ini akan menggunakan dua waktu pembebanan puncak yaitu siang hari dan malam hari.

Kesimpulan/Saran/Rekomendasi

Tahap kesimpulan akan membahas kesimpulan hasil pengolahan data dengan mempertimbangkan tujuan penelitian yang ingin dicapai. Saran sangat diperlukan sebagai masukan untuk berbagai pihak. Rekomendasi dijadikan sebagai referensi bagi PLN P3BS Subsistem Riau dalam meningkatkan kelistrikan Riau terhadap bus-bus yang memiliki profil tegangan diluar atau mendekati batas-batas yang ditetapkan sesuai SPLN No 1:1995 dan Aturan Sistem Tenaga Listrik Sumatera yaitu profil tegangan tidak melebihi 10% dan kurang 10% dari tegangan nominal bus serta sistem-sistem yang tidak memenuhi kriteria N-1 yaitu mengalami pembebanan lebih pada saluran penghantar (melebihi 50% arus nominal saluran penghantar). Penelitian ini juga bisa dijadikan pedoman bagi peneliti lainnya untuk mengembangkan penelitian ini.

BAB V

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan performansi indeks menggunakan beban puncak siang hari, diketahui bahwa kontingensi pada saluran Tenayan-Pasir Putih 1 dan Tenayan-Pasir Putih 2 menjadi urutan pertama dengan nilai PI sebesar 5,6168, urutan kedua yaitu saluran Balai Pungut-Duri 1 dan Balai Pungut-Duri 2 dengan nilai PI sebesar 5,5537. Sedangkan urutan terakhir yaitu kontingensi pada saluran Garuda Sakti-New Garuda Sakti 1 dan Garuda Sakti-New Garuda Sakti 2 dengan nilai PI sebesar 4,0459.
2. Hasil perhitungan perfomansi indeks menggunakan beban puncak malam hari, diketahui bahwa kontingensi saluran Balai Pungut-Duri 1 dan Balai Pungut-Duri 2 menjadi urutan pertama dengan nilai PI sebesar 11,1751, urutan kedua yaitu kontingensi saluran Tenayan-Pasir Putih 1 dan Tenayan-Pasir Putih 2 dengan nilai PI sebesar 9,1327. Sedangkan urutan terakhir yaitu kontingensi saluran New Garuda Sakti-Balai Pungut 1 dan New Garuda Sakti-Balai Pungut 2 dengnai nilai PI sebesar 6,8663.
3. Kontingensi saluran Tenayan-Pasir Putih saat beban puncak siang hari mengakibatkan terjadinya *undervoltage* pada bus GI Pasir Putih sebesar 133,846 kV dan GI Pangkalan Kerinci sebesar 134,949 kV. Perbaikan dilakukan dengan pemasangan kapasitor *shunt*.
4. Kontingensi saluran Balai Pungut-Duri 1 saat beban puncak siang hari mengakibatkan saluran Balai Pungut-Duri 2 mengalami pembebanan lebih dengan beban sebesar 52,42%. Perbaikan dilakukan dengan *load shedding* sebesar 15% beban MVA pada setiap transformator GI Duri dan GI Dumai.
5. Kontingensi pada saluran Balai Pungut-Duri 1 saat beban puncak malam hari mengakibatkan terjadinya *undervoltage* pada bus GI Dumai, GI Bagan Batu dan GI Kota Pinang dan terjadi pembebanan lebih pada saluran Balai Pungut-Duri 2 dengan beban sebesar 62,06%. Perbaikan dilakukan dengan penambahan kapasitor

shunt pada GI Kota Pinang dan *load shedding* sebesar 20% beban MVA pada seluruh transformator GI Duri, GI Dumai, GI Bagan Batu dan GI Kota Pinang.

Saran

Adapun saran dari tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Pihak PLN P3B Sumatera Subsistem Riau dapat menggunakan tugas akhir ini sebagai masukan dalam langkah antisipasi kejadian kontingensi pada saluran transmisi 150 kV agar keandalan sistem tenaga listrik Riau tetap terjaga dengan baik.
2. Peneliti selanjutnya dapat melakukan identifikasi pengaruh dari kejadian kontingensi saluran transmisi 150 kV terhadap kestabilan transien Subsistem Riau.
3. Peneliti selanjutnya dapat melakukan analisis kontingensi pada generator pembangkit Subsistem Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syahputra *et al.*, “Studi Analisis Kontingensi pada Jaringan Interkoneksi 150 kV Sub Sistem Aceh,” vol. 2, no. 4, pp. 59–72, 2017.
- [2] PT PLN (Persero) P3B Sumatera, “Evaluasi Operasi Tahun 2017,” Pekanbaru, Indonesia, 2018.
- [3] I. Mirza, “Analisis Kontingensi Pada Sistem Tenaga Listrik Sumatera Barat Dengan Menggunakan Power World,” Skripsi Teknik Elektro, Universitas Andalas, Padang, Indonesia, 2018.
- [4] R. Hidayat, “Draft Wawancara,” PT.PLN (Persero) P3B Sumatera, Pekanbaru, Indonesia, 2019.
- [5] D. Sulistuyono, “Perbandingan Metode Gauss - Seidel, Metode Newton Raphson dan Metode Fast Decoupled dalam Solusi Aliran Daya,” 2011.
- [6] F. J. Palasworo, “Analisis Kontingensi Saluran Transmisi Pada Jaringan 150 kV Surabaya Selatan,” pp. 42–61, 2015.
- [7] N. S. Swaroop, “Contingency Analysis and Ranking On 400 kV Karnataka Network By Using Mipower,” *IJSDR*, vol. 1, no. 10, pp. 287–294, 2016.
- [8] R. S. Utama, “Analisis Kontingensi Sistem Tenaga 30 Bus IEEE Berbasis Metode Aliran Daya Fast Decoupled,” Skripsi Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia, 2018.
- [9] A. K. Roy, “Improved Transmission Line Contingency Analysis in Power System using Fast Decoupled Load Flow,” *IJAET*, no. November 2013, 2014.
- [10] D. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Pertama. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu, 2006.
- [11] S. S. Wibowo, *Analisa Sistem Tenaga*, 1st ed. Malang: POLINEMA PRESS, 2018.
- [12] D. Marsudi, *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2005.
- [13] C. Cekdin, *Sistem Tenaga Listrik, Contoh Soal dan Penyelesaian Menggunakan Matlab*, 1st ed. Yogyakarta: ANDI, 2007.
- [14] H. Saadat, *Power System Analysis*. New York: The McGraw-Hill Companies, 1999.
- [15] H. D. Laksono, “Studi Aliran Daya Dengan Metoda Fast Decouple (Aplikasi PT. PLN Sumbar-Riau 150 KV),” *ISSN 854-8471*, vol. 3, no. 27, pp. 11–18, 2007.
- [16] D. Kevinamarta dan T. Wrahatnolo, “Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik Subsistem Krian-Gresik 150 kV dengan Metode Analisis Kontingensi (N-1),” *J.*



Hak Cipta Didukung Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tek. Elektro, vol. 06, pp. 2–3, 2017.

A. J. Wood, and B. F. Wollenberg, *POWER GENERATION, OPERATION, AND CONTROL*, Second Edi. New York: JOHN WILEY & SONS, INC, 1996.

SPLN No 1:1995, “Tegangan-tegangan Standar,” 1995.

Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Sumatera. Jakarta: Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2008.

P. Kundur, *Power System Sability and Control*. New York: McGraw-Hill, Inc, 1993.

A. Rachman, “Analisis Kontingensi pada Sistem Jawa-Bali 500 kV untuk Mendesain Keamanan Operasi,” *Procedng Semin. Tugas Akhir Jur. Tek. Elektro FTI-ITS*, pp. 5–6, 2009.

DIgSILENT, “*Power System Analysis Software*”, DIgSILENT PowerFactory, [Online]. Available: <https://www.digsilent.de/en/powerfactory.html> [accessed 12 12 2019].

Siemens, “*High-Performance Transmission Planning and Operations Software for the Power Industry*, 2017, [Online], Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/services/transmission-distribution-smart-grid/consulting-and-planning/pss-software/pss-e.html> (accessed 12 12, 2019).

ETAP, “*Etap Corporate Profile*”, ETAP Powering Success, 2016, [Online], Available: <https://etap.com/> [accessed 12 12, 2019].

A. Hazmi, “Studi Aliran Daya Pada Sistem Kelistrikan Sumatera Bagian Tengah Dengan Penambahan Transmisi 275 kV,” Skripsi Teknik Elektro, Universitas Andalas, Padang, Indonesia, 2018.

PT PLN (Persero) P3B Sumatera, “*Single Line Diagram Subsistem Riau*,” Pekanbaru, Indonesia, 2018.

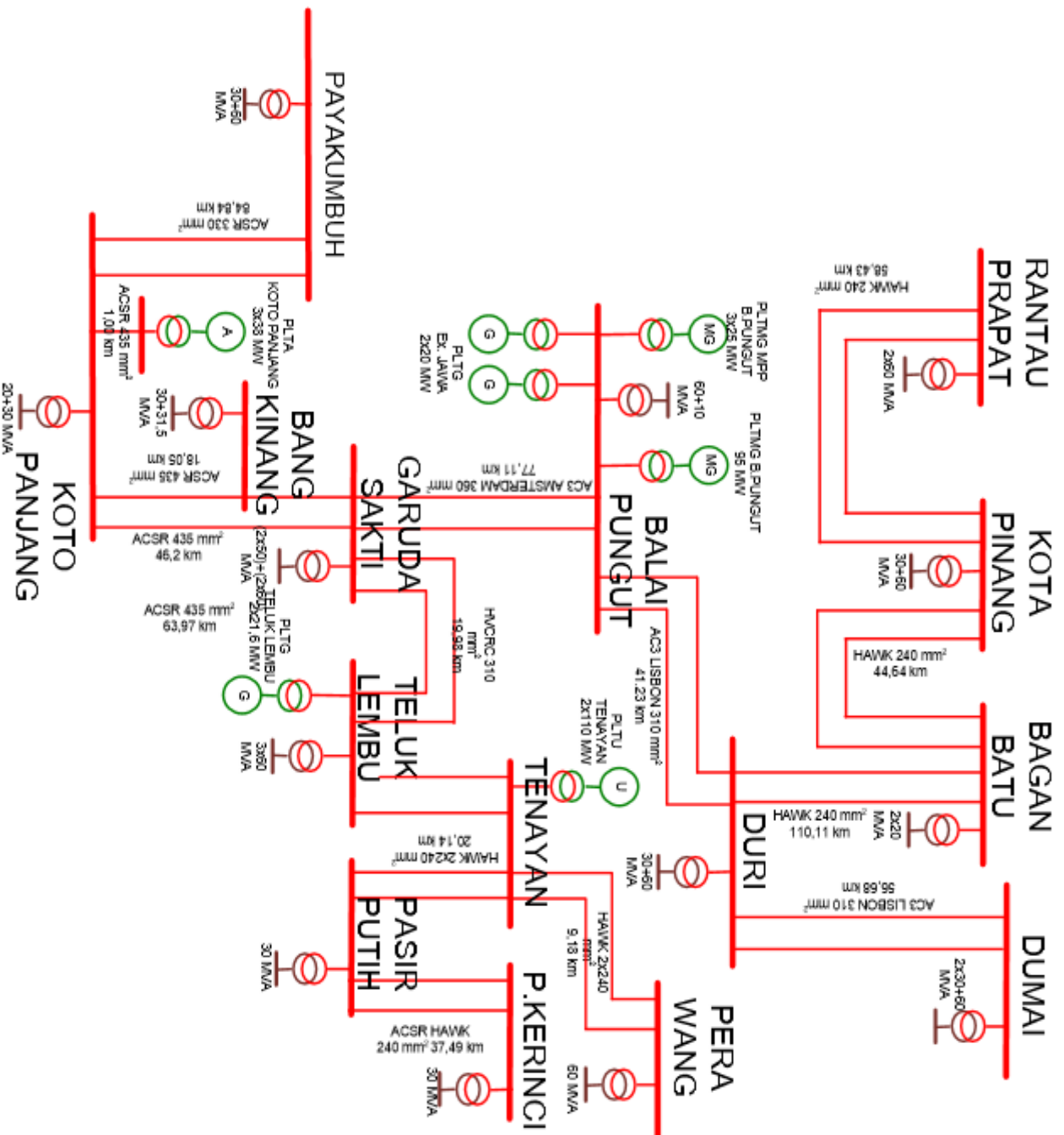
PT PLN (Persero) P3B Sumatera, “Data Trafo UPT Pekanbaru,” Pekanbaru, Indonesia, 2018.

PT PLN (Persero) Sektor Pekanbaru, “Data Pembangkit PLN Sektor Pekanbaru,” Pekanbaru, Indonesia, 2018.

PT PLN (Persero) P3B Sumatera, “Data Pengusahaan Transmisi UPT Pekanbaru,” Pekanbaru, Indonesia, 2018.

PT PLN (Persero) P3B Sumatera, “Laporan Beban Tertinggi Trafo Gardu Induk Riau Bulan Juli 2019,” Pekanbaru, Indonesia 2019.

Altan Syarif Kasim Riau



© Hak C

© Hak C

- © Hak C

No	LOKASI CI	No TRAFO & RATIO		MVA TERPASANG	MERK	NOMOR SERI		KAP/In
						5	6	(kA)
1		2		3	4			
1	TRAGI TELUK LEMBU				731.50			
1	KOTO PANANG	1	TD #1	150/20	UNINDO		1732	
		2	TD #2	150/20	UNINDO	P0301EC776	866	
		3	TD #1	150/20	PAUWELS	864.2621	1732	
2	BANGKINANG	4	TD #2	150/20	UNINDO	A-9415157-01	866	
		5	TD #1	150/20	HYUNDAI	T-953062	1732	
		6	TD #2	150/20	HYUNDAI	T-953061	1732	
3	GARUDA SAKTI	7	TD #3	150/20	PAUWELS	3011070016	1732	
		8	TD#4	150/20	UNINDO	P0601EC757-01	1732	
		9	TD #1	150/20	UNINDO	A-9615208	1732	
4	TL LEMBU	10	TD #2	150/20	PAUWELS	3011070010	1732	
		11	TD #3	150/20	UNINDO	P0601EC676-14	1732	
5	TENAYAN	12	TD #1	150/20	UNINDO	P030ME752	866	
6	PASIR PUTIH	13	TD #1	150/20	PAUWELS	3011110137	866	
		14	TD #2	150/20	PAUWELS	3011110138	866	
		15	TD #3	150/20			1732	
7	PANGKALAN KERINCI	16	TD #1	150/20	CG POWER	3011120002	866	
8	PERAWANG	17	TD #1	150/20	UNINDO		1732	
9	NEW GARUDA SAKTI	18	TD #1	150/20			1732	
11	TRAGIDURI				440.00			
10	DURI	19	TD #2	150/20	CG POWER	TP95-8502	1732	
		20	TD #1	150/20	UNINDO	P0601EC676-10	1732	
		21	TD #1	150/20	UNINDO	9915232-02	866	
		22	TD #2	150/20	UNINDO	P0301EC522	866	
		23	TD #3	150/20	UNINDO	P0601EC757-03	1732	
		24	TD #1	150/20	UNINDO	A881537-10	577	
12	BAGAN BATU	25	TD #2	150/20	HYOSUNG	TP-95-8510	577	
		26	TD #1	150/20	PAUWELS	07P0059	866	
		27	TD#2	150/20	UNINDO	P060MEC779-02	1732	
13	KOTA PINANG	28	TD # 1	150/20	PAUWELS	3011120085	1732	
14	BALAI PUNGUT	27	TD #2	150/20	Pauwels	96P0046	866	
		Jumlah MVA TRAFO				30.00		
				1,360.00				

DATA TRAFO UPT PEKANBARU

© Ha

Rak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Data Trafo Pembangkit Sektor Pekanbaru

No	Nama Pembangkit	Daya Pembangkit (MW)	Trafo	Merk Trafo	Daya Terpasang (MVA)	Tegangan (kV)	Jumlah (Unit)
1	PLTG Teluk Lembu #2	21,6	Trafo.2 GE		17	11/150	1
2	PLTG Teluk Lembu #03	20	Trafo.3 GE		17	11/150	1
3	PLTA Koto Panjang	3 x 45		Elin	45	11/150	3
4	PLTG Balai Pungut Unit 2	20	Trafo PLTG #2	Unindo	27	11,5/150	1
5	PLTMG Balai Pungut	3 x 15	Trafo PLTMG #1	Unindo	150	15/150	1
		4 x 15	Trafo PLTMG #2	Unindo	150	15/150	1
6	PLTGU Sewa Riau #01 (PT.Riau Power)	20				11/20	1
7	PLTGU Sewa Riau #02 (PT.Riau Power)	10				11/20	1
8	PLTMG Sewa Teluk Lembu I (KSO Hutani Alam)	12				11/20	1
9	PLTMG Sewa Teluk Lembu II (KSO Hutani Alam)	50				11/20	1
10	PLTG Balai Pungut (PT.PJB) Unit 1	20	Trafo PLTG #1	Hyundai	30	11,5/150	1
12	PLTG MPP Balai Pungut	1 x 25	Trafo GSUT #1	Unindo	27	11,5/150	1
		2 x 25	Trafo GSUT #2	Unindo	70	11,5/150	1
13	PLTMG Teluk Lembu (PJBS)	30	Trafo PLTMG PJBS1	Chint	80	11/20	1
		30	Trafo PLTMG PJBS 2	Chint	80	11/150	1
14	PLTU Tenayan	2 x 110	Generator Transformer	SFPZ11	125	13,8/150	2

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Data Saluran Transmisi 150 kV Subsistem Riau

No	PENGHANTAR	KONDUKTOR		150 kV			Z +	
		SUTT	DIAMETER	Route	Sirkuit	I Nom	R +	X +
		Jenis	mm ²	Km	Kms	Amp	Ω	Ω
I	TRAGI TELUK LEMBU							
1	Koto Panjang - Garuda Sakti 150 kV	ACSR	435	63.97	63.97	918	4.9961	25.722
2	Koto Panjang - Bangkinang 150 kV	ACSR	435	18.05	18.05	918	0.6462	5.6695
3	Koto Panjang - Bangkinang 2 150 kV	ACSR	435		18.05	918	0.6462	5.6695
4	Bangkinang - Garuda Sakti 1 150 kV	ACSR	435	46.20	46.20	918	1.654	14.511
5	Bangkinang - Garuda Sakti 2 150 kV	ACSR	435		46.20	918	1.654	14.511
6	Garuda Sakti - Teluk Lembu 1 150 kV	HVCRC	310	19.98	19.98	1,251	1.8202	7.5325
7	Garuda Sakti - Teluk Lembu 2 150 kV	HVCRC	310	-	19.98	1,251	1.8202	7.5235
8	Garuda Sakti - New Garuda Sakti 1 150 Kv	ACCC	360	8.00	8.00	1,386	0.7288	3.016
9	Garuda Sakti - New Garuda Sakti 2 150 kV	ACCC	360		8.00	1,386	0.7288	3.016
10	Koto Panjang - PLTA Koto Panjang 150 kV	ACSR	435	1.00	1.00	918	0.0721	0.3956
11	Tenayan - Teluk Lembu 1 150 kV	ACSR	2x240	9.18	9.18	1,276	0.5609	1.869
12	Tenayan - Teluk Lembu 2 150 kV	ACSR	2x240		9.18	1,276	0.5609	1.869
13	Tenayan - Perawang 1 150 kV	ACSR	2x240	21.38	21.38	1,276	2.6126	8.7081
14	Tenayan - Perawang 2 150 kV	ACSR	2x240		21.38	1,276	2.6126	8.7081
15	Tenayan - Pasir Putih 1 150 kV	ACSR	2x240	20.14	20.14	1,276	2.4611	8.203
16	Tenayan - Pasir Putih 2 150 kV	ACSR	2x240		20.14	1,276	2.4611	8.203
17	Pasir Putih - Pangkalan kerinci 1 150 kV	ACSR	2x240	37.49	37.49	1,276	4.5813	15.27
18	Pasir Putih - Pangkalan kerinci 2 150 kV	ACSR	2x240		37.49	1,276	4.5813	15.27
19	New Garuda Sakti - Balai Pungut 1. 150 kV	ACCC	360	67.11	67.11	1,386	6.1137	25.3
20	New Garuda Sakti - Balai Pungut 2. 150 kV	ACCC	360	-	67.11	1,386	6.1137	25.3
	Jumlah II			250.25	564.03			
II	TRAGI DURI							
1	Balai Pungut - Duri 1 150 kV	ACCC	310	41.23	41.23	1,250	3.7561	15.544
2	Balai Pungut - Duri 2 150 kV	ACCC	310	-	41.23	1,250	3.7561	15.544
3	Duri - Dumai 1 150 kV	ACCC	310	56.68	56.68	1,250	5.1635	21.368
4	Duri - Dumai 2 150 kV	ACCC	310	-	56.68	1,250	5.1635	21.368
5	Duri - Bagan Batu 1 150 kV	ACSR	240	110.11	110.11	638	13.455	44.848
6	Duri - Bagan Batu 2 150 kV	ACSR	240	-	110.11	638	13.455	44.848
7	Bagan Batu - Kota Pinang 1 150 kV	ACSR	240	44.64	44.64	638	5.455	18.182
8	Bagan Batu - Kota Pinang 2 150 kV	ACSR	240	-	44.64	638	5.455	18.182
	Jumlah I			252.66	505.96			
	Jumlah I s/d II			502.91	1,069.99			
	TOTAL PANJANG SUTT	502.91 Km						
	TOTAL KMS SUTT	1,069.99 Kms						

Data Pembangkit Sektor Pekanbaru

No	MESIN	MERK GENERATOR	Kode Jenis Pembangkit	Bahan Bakar	Jenis Tegangan	Daya Terpasang (MW)	Daya Mampu (MW)
1	PLTG TELUK LEMBU #01	ALSTHOM	PLTG	GAS	TT	21,6	0
2	PLTG TELUK LEMBU #02	ALSTHOM	PLTG	GAS	TT	21,6	13,86
3	PLTG TELUK LEMBU #03	GE	PLTG	GAS	TT	20	0
4	PLTD TELUK LEMBU #01 (SULZER)	ALSTHOM	PLTD	HSD	TM	7,8	0
5	PLTA KOTO PANJANG #01	Elin	PLTA	NON	TT	38	38
6	PLTA KOTO PANJANG #02	Elin	PLTA	NON	TT	38	38
7	PLTA KOTO PANJANG #03	Elin	PLTA	NON	TT	38	38
8	PLTG BALAI PUNGUT DURI #02	ALSTHOM	PLTG	GAS	TT	20	14,85
9	PLTMG BALAI PUNGUT DURI #01	ABB	PLTD	GAS	TT	16,1	14,32
10	PLTMG BALAI PUNGUT DURI #02	ABB	PLTD	GAS	TT	16,1	14,32
11	PLTMG BALAI PUNGUT DURI #03	ABB	PLTD	GAS	TT	16,1	14,32
12	PLTMG BALAI PUNGUT DURI #04	ABB	PLTD	GAS	TT	16,1	14,32
13	PLTMG BALAI PUNGUT DURI #05	ABB	PLTD	GAS	TT	16,1	14,32
14	PLTMG BALAI PUNGUT DURI #06	ABB	PLTD	GAS	TT	16,1	14,32
15	PLTMG BALAI PUNGUT DURI #07	ABB	PLTD	GAS	TT	16,1	14,32
16	PLTGU SW RIAU #01 (GT 1.1) (PT RIAU POWER)	GE	PLTG	GAS	TM	20	18
17	PLTGU SW RIAU #02 (ST 1.0) (PT RIAU POWER)	TURBO GENERATOR	PLTG	GAS	TM	10	8
18	PLTMG SW TELUK LEMBU I (KSO HUTAN ALAM)	LEROY SOMMER	PLTD	GAS	TM	12	12
19	PLTMG SW TELUK LEMBU II (KSO HUTAN ALAM)	ABB	PLTD	GAS	TM	50	46
20	PLTMG SW TELUK LEMBU I (PT PJB)	AVK	PLTD	GAS	TM	30	24
21	PLTMG SW TELUK LEMBU II (PT PJB)	AVK	PLTD	GAS	TT	30	24
22	PLTG SW BALAI PUNGUT DURI (PT PJB)	GE	PLTG	GAS	TT	20	16
25	PLTG IPP MPP BALAI PUNGUT (PT PLN BATAM)		PLTG	GAS	TT	82,5	82,5
26	PLTU TENAYAN #01		PLTU	BBR	TT	110	80
27	PLTU TENAYAN #02		PLTU	BBR	TT	110	80
Total Daya Mampu						607,45 MW	

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Laporan Beban Tertinggi Trafo Gardu Induk UPT Pekanbaru Bulan Juli 2019

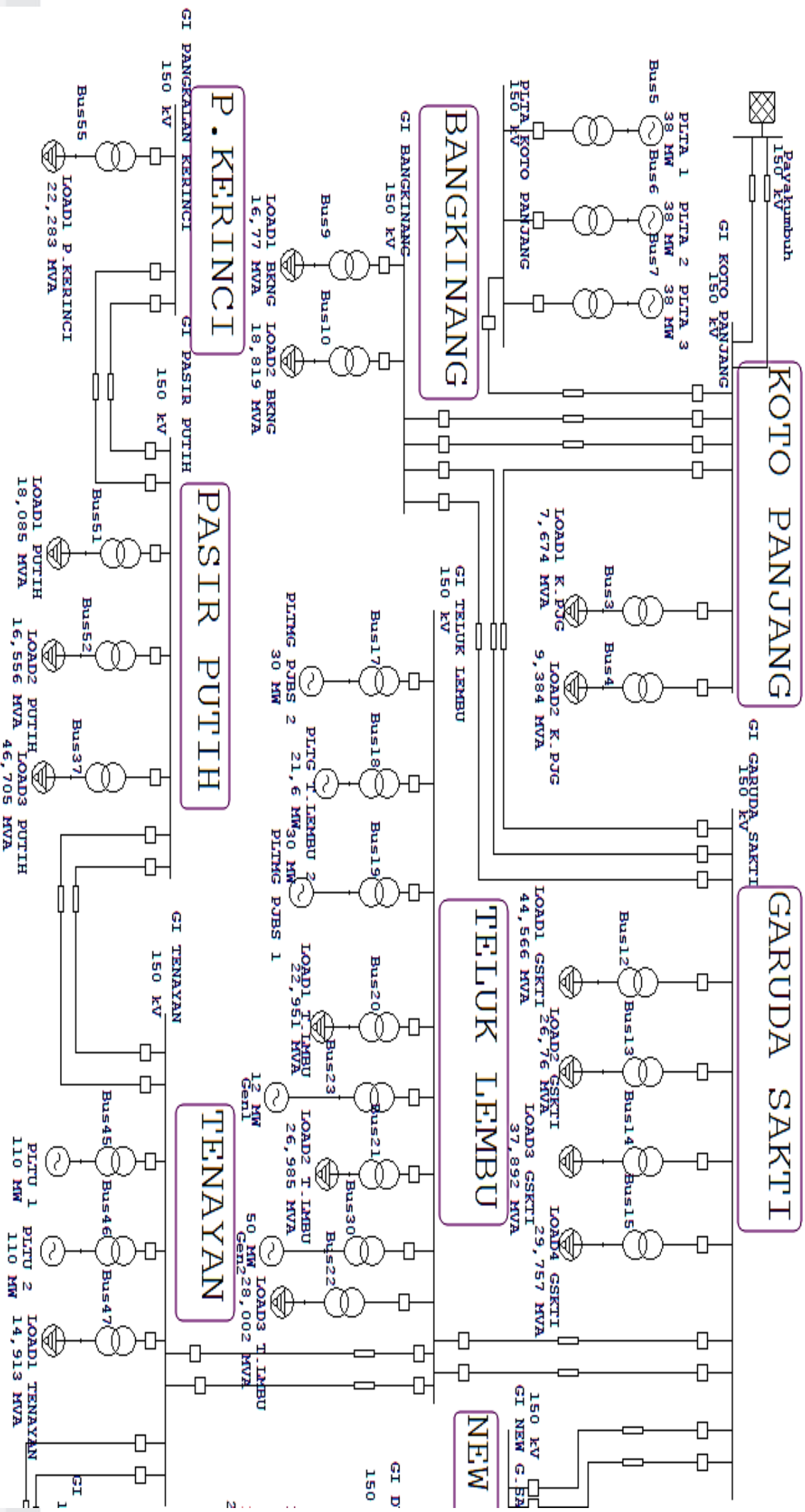
No	GARDU INDUK	TRANSFORMATOR				BEBAN TERTINGGI					
		TERPASANG				SIANG			MALAM		
		No.	In	KV	MVA	TGL	JAM	AMP	KV	MW	%
I	UL TG TELUK LEMBU				660						
1	GI. KOTO PANJANG	1	1.732	150 / 20	60	18-Jul	0.67	213	20.8	7.1	12.3
2	GI. BANGKINANG	2	866	150 / 20	30	5-Jul	0.25	263	20.6	9.3	30.4
3	GI. GARUDA SAKTI	1	1.732	150 / 20	60	31-Jul	16.00	470	20.6	15.8	27.1
		2	866	150 / 20	30	2-Jul	13.00	530	20.5	18.3	61.2
		1	1.732	150 / 20	60	13-Jul	13.00	1243	20.7	42.3	71.8
		2	1.732	150 / 20	60	12-Jul	12.00	750	20.6	25.4	43.3
		3	1.732	150 / 20	60	23-Jul	13.00	1062	20.6	36.0	61.3
4	GI. TELUK LEMBU	1	1.732	150 / 20	60	25-Jul	12.00	834	20.6	28.3	48.1
		2	1.732	150 / 20	60	31-Jul	14.00	628.0	21.1	21.7	36.3
		3	1.732	150 / 20	60	11-Jul	16.00	760.0	20.5	26.9	43.9
5	GI. NEW GARUDA SAKTI	1	1.732	150 / 20	60	9-Jul	10.00	582.0	20.0	20.0	33.6
6	GI PASIR PENGARAIAN	1	866	150 / 20	30	12-Jul	14.00				-
II	UL TG PASIR PUTIH				240						
7	GI. TENAYAN	1	866	150 / 20	30	4-Jul	17.00	420	20.5	14.1	48.5
8	GI. PASIR PUTIH	1	866	150 / 20	30	27-Jul	10.00	502	20.8	15.5	58.0
		2	866	150 / 20	30	30-Jul	16.00	464	20.6	16.0	53.6
		3	1.732	150 / 20	60	19-Jul	11.00	1309	20.6	45.0	75.6
9	GI. KERINCI	1	866	150 / 20	30	4-Jul	13.00	604	21.3	20.9	69.7
11	GI. PERAWANG	1	1.732	150 / 20	60	8-Jul	17.00	320	20.8	10.3	18.5
III	UL TG DURI				460						
12	GI. BALAI PUNGUT	1	1.732	150 / 20	60	24-Jul	10.00	450	20.9	-16.2	26.0
		2	866	150 / 20	30	18-Jan	17.00	191	21	6.7	22.1
13	GI. DURI	1	1.732	150 / 20	60	14-Jan	17.00	799	20.8	24.8	46.1
		2	1.732	150 / 20	60	28-Jan	15.00	395	20.9	12.5	22.8
14	GI. DUMAI	1	866	150 / 20	30	28-Jan	23.00	536	20.9	18	61.9
		2	866	150 / 20	30	13-Jan	17.00	780	20.7	27.2	90.1
		3	1.732	150 / 20	60	11-Jan	17.00	1280	20.9	46.2	73.9
15	GI. BAGAN BATU	1	577	150 / 20	20	19-Jan	21.00	346	21	11.7	59.9
		2	577	150 / 20	20	20-Jan	23.00	355	20.8	12.0	61.5
16	GI. KOTA PINANG	1	866	150 / 20	30	27-Jan	16.00	220	20.9	7.8	25.4
		2	1.732	150 / 20	60	3-Jan	16.00	310	20.9	11.2	17.9
TOTAL					1360,0						

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

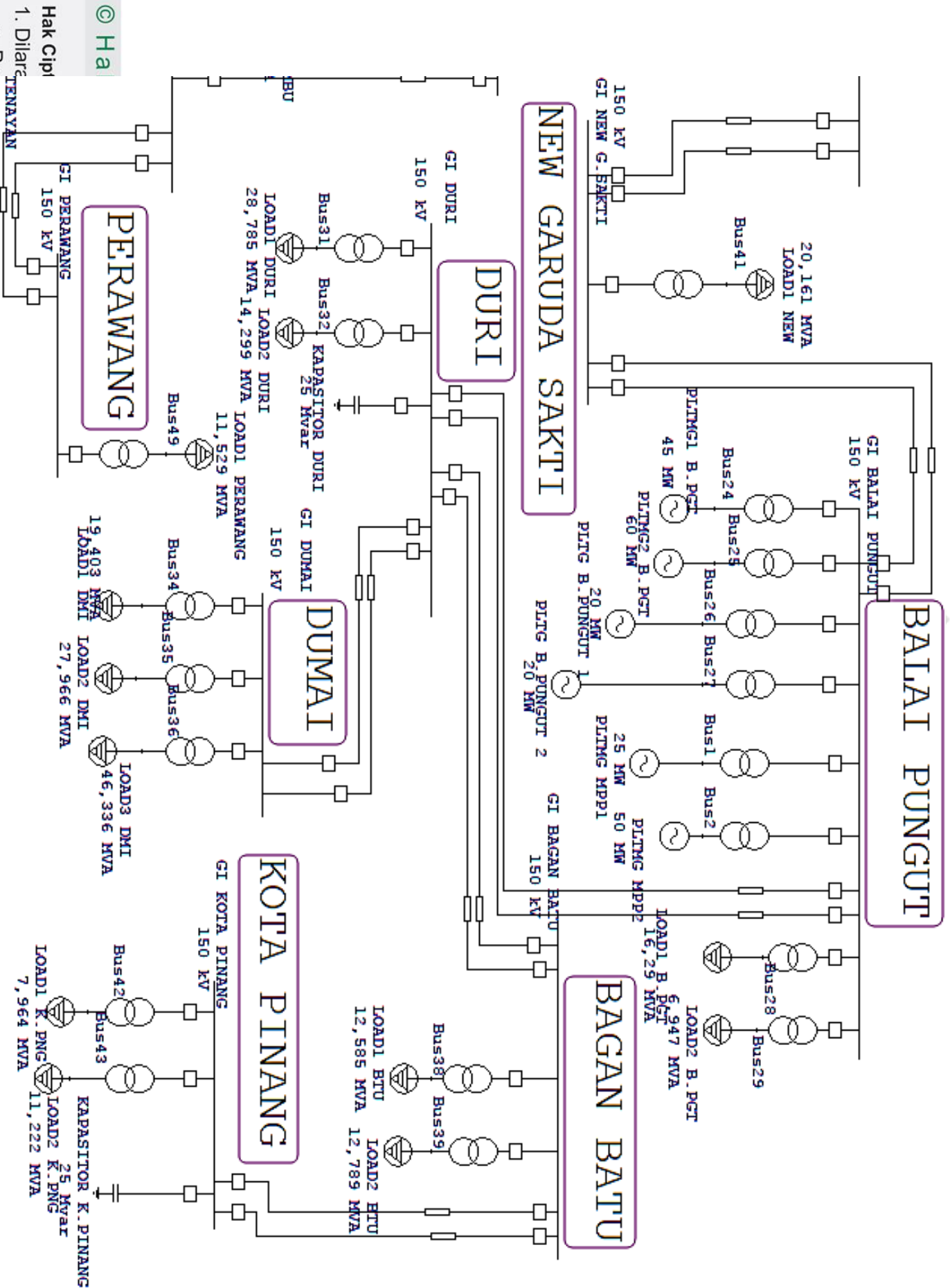
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



© Ha

Hak Cipta

1. Diarahkan

a. Per MVA

b. Pengukuran tahanan merugikan kepenyangan yang wajar UIN Suska Riau.

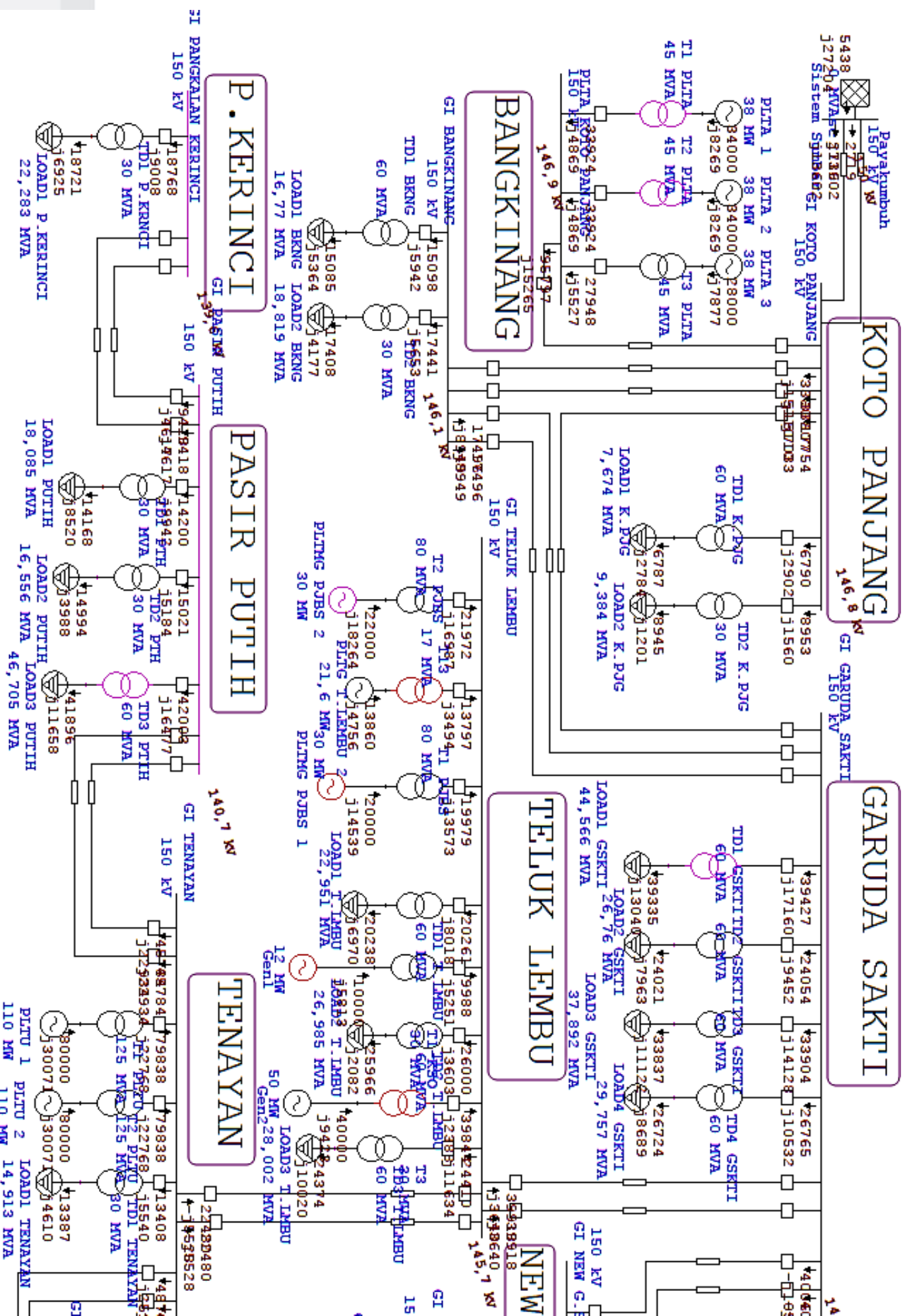
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Casim Riau

tu masalah.

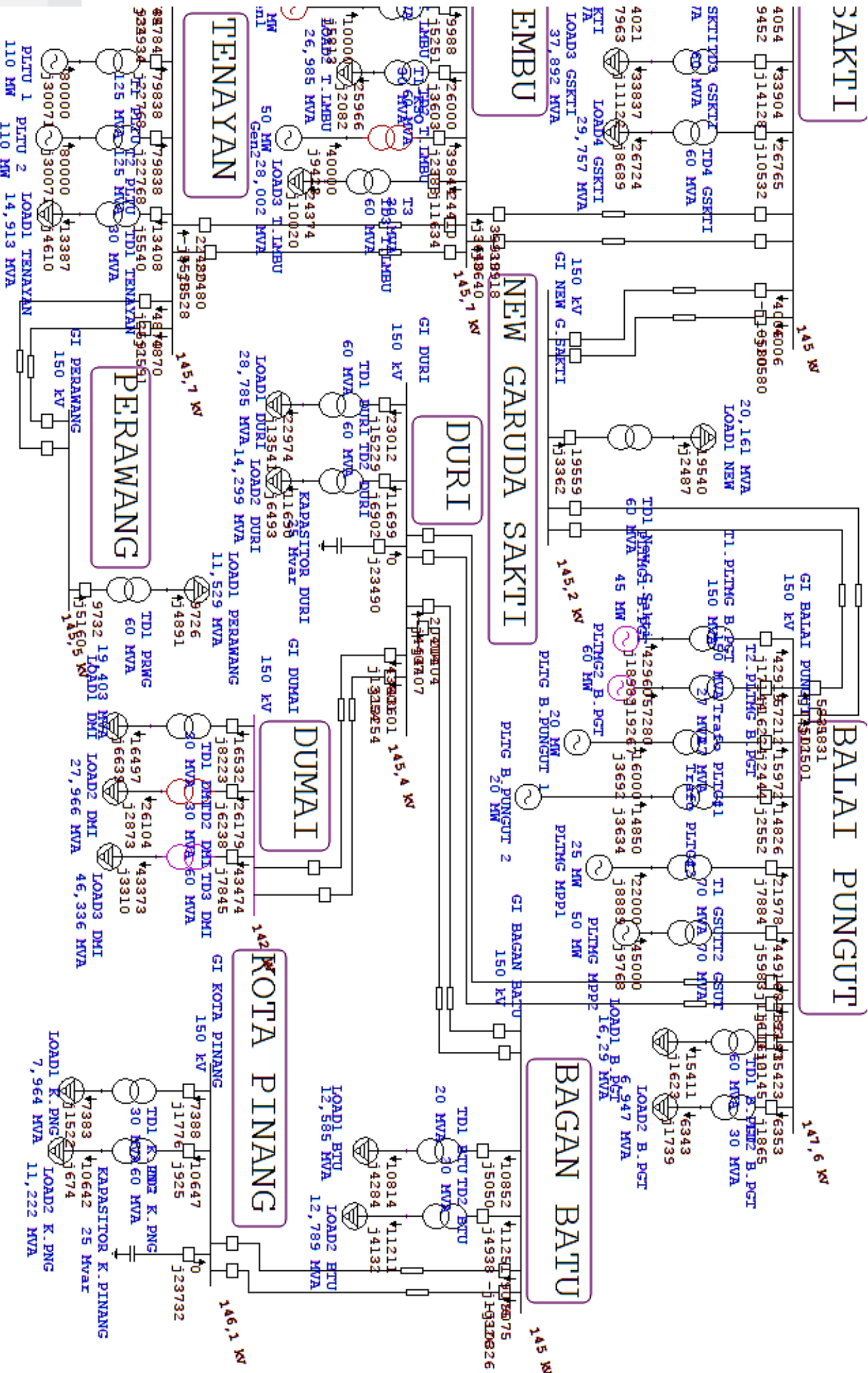


UIN SUSKA RIAU



arif Kasim Riau

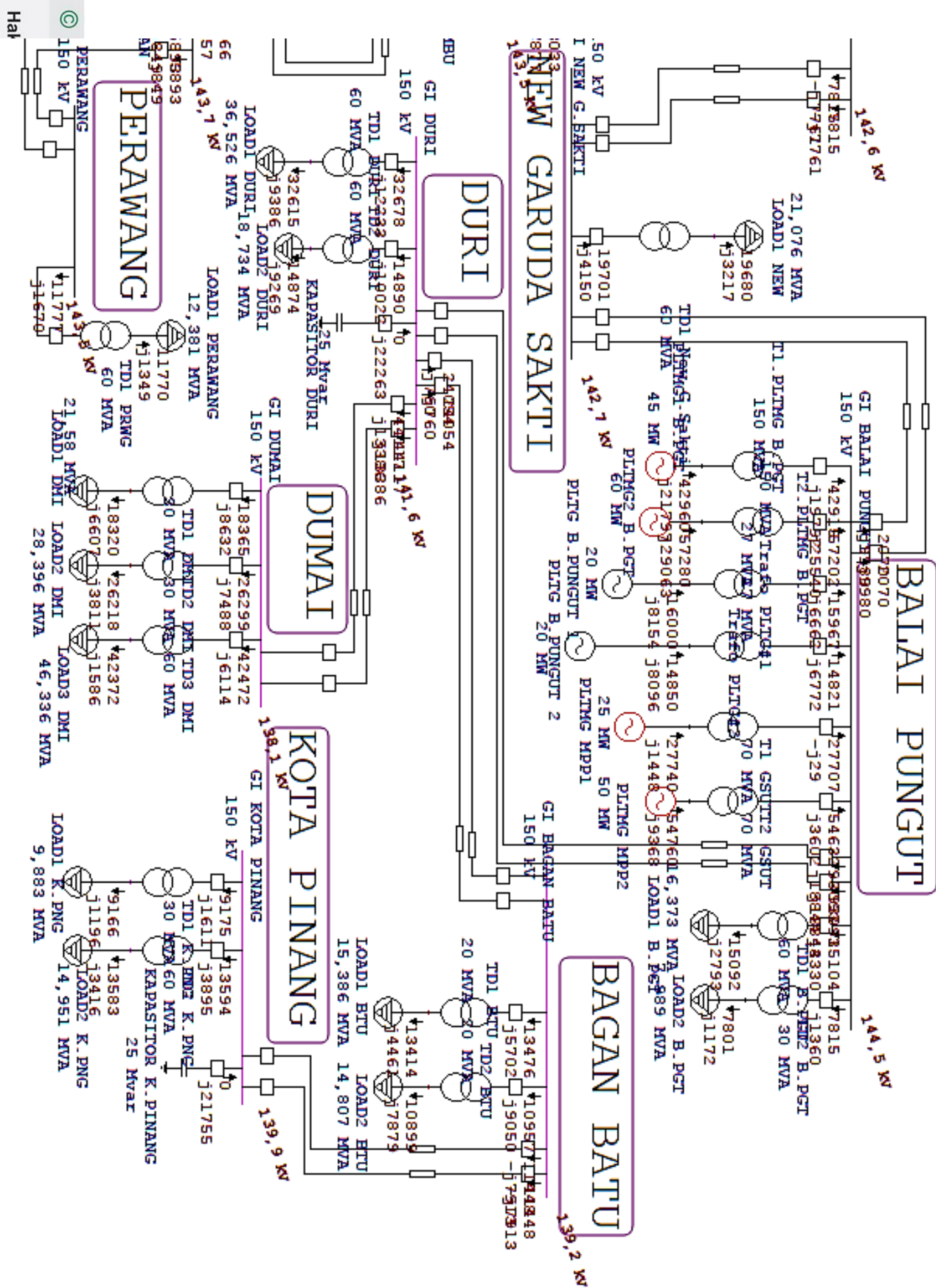
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



n Riau

1. l
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





LAMPIRAN C-1

1. Tegangan Bus 150 kV Subsistem Riau Kondisi Normal (Beban Siang Hari)

Bus ID	Nominal kV	Terhitung (kV)	% Tegangan
GI Bagan Batu	150	145,026	96,68
GI Balai Pungut	150	147,604	98,40
GI Bangkinang	150	146,097	97,40
GI Dumai	150	142,023	94,68
GI Duri	150	145,4	96,93
GI Garuda Sakti	150	145,021	96,68
GI Kota Pinang	150	146,148	97,43
GI Koto Panjang	150	146,83	97,89
GI New Garuda Sakti	150	145,221	96,81
GI Pangkalan Kerinci	150	139,618	93,08
GI Pasir Putih	150	140,69	93,79
GI Perawang	150	145,484	96,99
GI Teluk Lembu	150	145,694	97,13
GI Tenayan	150	145,71	97,14

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Profil Aliran Daya pada Saluran 150 kV Kondisi Normal (Beban Siang Hari)

ID	Aliran Daya		Losses		Arus (A)	% Voltage Drop
	MW	MVAR	kW	kVAR		
1. Bagan Batu - Kota Pinang 1	9,018	-10,516	57,094	190	54,73	0,75
2. Bagan Batu - Kota Pinang 2	9,018	-10,516	57,094	190	54,73	0,75
3. Balai Pungut - Duri 1	82,193	11,61	832	3442	324,7	1,47
4. Balai Pungut - Duri 2	82,193	11,61	832	3442	324,7	1,47
5. Bangkinang - Garuda Sakti 1	17,496	8,949	29,902	262	77,66	0,72
6. Bangkinang - Garuda Sakti 2	17,496	8,949	29,902	262	77,66	0,72
7. Duri - Bagan Batu 1	20,404	-4,407	277	925	82,89	0,25
8. Duri - Bagan Batu 2	20,404	-4,407	277	925	82,89	0,25
9. Duri - Dumai 1	43,601	13,254	508	2102	181	2,25
10. Duri - Dumai 2	43,601	13,254	508	2102	181	2,25
11. Garuda Sakti - New G.Sakti 1	4,002	-10,599	4,436	18,356	45,04	0,13
12. Garuda Sakti - New G.Sakti 2	4,002	-10,599	4,436	18,356	45,04	0,13
13. Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	39,918	3,64	138	570	158,8	0,45
14. Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	39,918	3,64	138	570	158,8	0,45
15. Koto Panjang - Garuda Sakti	17,754	7,033	84,548	435	75,09	1,21
16. Koto Panjang - Bangkinang 1	33,807	15,11	41,49	364	145,6	0,49
17. Koto Panjang - Bangkinang 2	33,807	15,11	41,49	364	145,6	0,49
18. New G.Sakti - Balai Pungut 1	5,831	12,501	53,391	221	53,95	1,59
19. New G.Sakti - Balai Pungut 2	5,831	12,501	53,391	221	53,95	1,59
20. Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	9,418	4,617	33,961	113	43,04	0,72
21. Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	9,418	4,617	33,961	113	43,04	0,72
22. Tenayan - Pasir Putih 1	45,784	22,934	755	2515	202,9	3,35
23. Tenayan - Pasir Putih 2	45,784	22,934	755	2515	202,9	3,35
24. Tenayan - Perawang 1	4,87	2,591	3,503	11,675	21,86	0,15
25. Tenayan - Perawang 2	4,87	2,591	3,503	11,675	21,86	0,15
26. Tenayan - Teluk Lembu 1	22,48	-5,528	15,422	51,405	91,73	0,01
27. Tenayan - Teluk Lembu 2	22,48	-5,528	15,422	51,405	91,73	0,01



Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal (Beban Siang Hari)

ID	Arus Nominal (A)	Amp Flow (A)	% Pembebanan
1 Bagan Batu - Kota Pinang 1	638	54,73	8,58
2 Bagan Batu - Kota Pinang 2	638	54,73	8,58
3 Balai Pungut - Duri 1	1250	324,7	25,98
4 Balai Pungut - Duri 2	1250	324,7	25,98
5 Bangkinang - Garuda Sakti 1	918	77,66	8,46
6 Bangkinang - Garuda Sakti 2	918	77,66	8,46
7 Duri - Bagan Batu 1	638	82,89	12,99
8 Duri - Bagan Batu 2	638	82,89	12,99
9 Duri - Dumai 1	1250	181	14,48
10 Duri - Dumai 2	1250	181	14,48
11 Garuda Sakti - New G.Sakti 1	1386	45,04	3,25
12 Garuda Sakti - New G.Sakti 2	1386	45,04	3,25
13 Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	1251	158,8	12,69
14 Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	1251	158,8	12,69
15 Koto Panjang - Garuda Sakti	918	75,09	8,18
16 Koto Panjang - Bangkinang 1	918	145,6	15,86
17 Koto Panjang - Bangkinang 2	918	145,6	15,86
18 New G.Sakti - Balai Pungut 1	1386	53,95	3,89
19 New G.Sakti - Balai Pungut 2	1386	53,95	3,89
20 Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	1276	43,04	3,37
21 Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	1276	43,04	3,37
22 Tenayan - Pasir Putih 1	1276	202,9	15,90
23 Tenayan - Pasir Putih 2	1276	202,9	15,90
24 Tenayan - Perawang 1	1276	21,86	1,71
25 Tenayan - Perawang 2	1276	21,86	1,71
26 Tenayan - Teluk Lembu 1	1276	91,73	7,19
27 Tenayan - Teluk Lembu 2	1276	91,73	7,19

Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumber.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LAMPIRAN D-1

1. Tegangan Bus 150 kV Subsistem Riau Kondisi Normal (Beban Malam Hari)

Bus ID	Nominal kV	Terhitung (kV)	% Tegangan
1 GI Bagan Batu	150	139,229	92,82
2 GI Balai Pungut	150	144,51	96,34
3 GI Bangkinang	150	144,151	96,10
4 GI Dumai	150	138,055	92,04
5 GI Duri	150	141,552	94,37
6 GI Garuda Sakti	150	142,551	95,03
7 GI Kota Pinang	150	139,926	93,28
8 GI Koto Panjang	150	145,197	96,80
9 GI New Garuda Sakti	150	142,675	95,12
10 GI Pangkalan Kerinci	150	137,02	91,35
11 GI Pasir Putih	150	138,239	92,16
12 GI Perawang	150	143,544	95,70
13 GI Teluk Lembu	150	143,523	95,68
14 GI Tenayan	150	143,692	95,79



Profil Aliran Daya pada Saluran 150 kV Kondisi Normal (Beban Puncak Malam Hari)

ID	Aliran Daya		Losses		Arus (A)	% Voltage Drop
	MW	MVAR	kW	kVAR		
1. Bagan Batu - Kota Pinang 1	11,385	-8,124	63,487	212	57,71	0,46
2. Bagan Batu - Kota Pinang 2	11,385	-8,124	63,487	212	57,71	0,46
3. Balai Pungut - Duri 1	93,093	18,844	1137	4702	379,5	1,97
4. Balai Pungut - Duri 2	93,093	18,844	1137	4702	379,5	1,97
5. Bangkinang - Garuda Sakti 1	21,012	13,67	49,973	438	100,4	1,07
6. Bangkinang - Garuda Sakti 2	21,012	13,67	49,973	438	100,4	1,07
7. Duri - Bagan Batu 1	24,054	0,76	389	1297	98,16	1,55
8. Duri - Bagan Batu 2	24,054	0,76	389	1297	98,16	1,55
9. Duri - Dumai 1	44,117	13,386	549	2270	188	2,33
10. Duri - Dumai 2	44,117	13,386	549	2270	188	2,33
11. Garuda Sakti - New G.Sakti 1	7,811	-7,779	4,351	18,006	44,61	0,08
12. Garuda Sakti - New G.Sakti 2	7,811	-7,779	4,351	18,006	44,61	0,08
13. Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	50,033	6,877	225	933	203,2	0,65
14. Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	50,033	6,877	225	933	203,2	0,65
15. Koto Panjang - Garuda Sakti	21,827	10,934	141	728	97,07	1,76
16. Koto Panjang - Bangkinang 1	42,038	21,989	69,64	610	188,6	0,7
17. Koto Panjang - Bangkinang 2	42,038	21,989	69,64	610	188,6	0,7
18. New G.Sakti - Balai Pungut 1	2,07	9,98	30,414	126	40,72	1,22
19. New G.Sakti - Balai Pungut 2	2,07	9,98	30,414	126	40,72	1,22
20. Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	12,779	4,512	58,72	196	56,6	0,81
21. Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	12,779	4,512	58,72	196	56,6	0,81
22. Tenayan - Pasir Putih 1	32,731	28,953	565	1884	175,6	3,64
23. Tenayan - Pasir Putih 2	32,731	28,953	565	1884	175,6	3,64
24. Tenayan - Perawang 1	5,893	0,849	4,196	13,985	23,92	0,1
25. Tenayan - Perawang 2	5,893	0,849	4,196	13,985	23,92	0,1
26. Tenayan - Teluk Lembu 1	32,666	2,157	31,714	106	131,5	0,11
27. Tenayan - Teluk Lembu 2	32,666	2,157	31,714	106	131,5	0,11

UIN SUSKA RIAU

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumber dan menyebutkan sumber.

UIN SUSKA RIAU



Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal (Beban Malam Hari)

ID	Arus Nominal (A)	Amp Flow	% Pembebanan
1 Bagan Batu - Kota Pinang 1	638	57,71	9,05
2 Bagan Batu - Kota Pinang 2	638	57,71	9,05
3 Balai Pungut - Duri 1	1250	379,5	30,36
4 Balai Pungut - Duri 2	1250	379,5	30,36
5 Bangkinang - Garuda Sakti 1	918	100,4	10,94
6 Bangkinang - Garuda Sakti 2	918	100,4	10,94
7 Duri - Bagan Batu 1	638	98,16	15,39
8 Duri - Bagan Batu 2	638	98,16	15,39
9 Duri - Dumai 1	1250	188	15,04
10 Duri - Dumai 2	1250	188	15,04
11 Garuda Sakti - New G.Sakti 1	1386	44,61	3,22
12 Garuda Sakti - New G.Sakti 2	1386	44,61	3,22
13 Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	1251	203,2	16,24
14 Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	1251	203,2	16,24
15 Koto Panjang - Garuda Sakti	918	97,07	10,57
16 Koto Panjang - Bangkinang 1	918	188,6	20,54
17 Koto Panjang - Bangkinang 2	918	188,6	20,54
18 New G.Sakti - Balai Pungut 1	1386	40,72	2,94
19 New G.Sakti - Balai Pungut 2	1386	40,72	2,94
20 Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	1276	56,6	4,44
21 Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	1276	56,6	4,44
22 Tenayan - Pasir Putih 1	1276	175,6	13,76
23 Tenayan - Pasir Putih 2	1276	175,6	13,76
24 Tenayan - Perawang 1	1276	23,92	1,87
25 Tenayan - Perawang 2	1276	23,92	1,87
26 Tenayan - Teluk Lembu 1	1276	131,5	10,31
27 Tenayan - Teluk Lembu 2	1276	131,5	10,31

Daftar sumber:

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Performansi Indeks Daya Aktif Saluran Transmisi

Nama Saluran	Kode	PIp												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BAGAN BATU - KOTA PINANG 1	1	0,0000	0,0718	0,0173	0,0173	0,0178	0,0178	0,0176	0,0176	0,0177	0,0177	0,0178	0,0178	0,0177
BAGAN BATU - KOTA PINANG 2	2	0,0718	0,0000	0,0173	0,0173	0,0178	0,0178	0,0176	0,0176	0,0177	0,0177	0,0178	0,0178	0,0177
BALAI PUNGUT - DURI 1	3	0,3854	0,3854	0,0000	1,5330	0,3842	0,3842	0,3860	0,3860	0,3827	0,3827	0,3846	0,3846	0,3842
BALAI PUNGUT - DURI 2	4	0,3854	0,3854	1,5330	0,0000	0,3842	0,3842	0,3860	0,3860	0,3827	0,3827	0,3846	0,3846	0,3842
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 1	5	0,0326	0,0326	0,0318	0,0318	0,0000	0,0885	0,0327	0,0327	0,0317	0,0317	0,0323	0,0323	0,0325
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 2	6	0,0326	0,0326	0,0318	0,0318	0,0885	0,0000	0,0327	0,0327	0,0317	0,0317	0,0323	0,0323	0,0325
DURI - BAGAN BATU 1	7	0,0919	0,0919	0,0885	0,0885	0,0909	0,0909	0,0000	0,3707	0,0907	0,0907	0,0910	0,0910	0,0909
DURI - BAGAN BATU 2	8	0,0919	0,0919	0,0885	0,0885	0,0909	0,0909	0,3707	0,0000	0,0907	0,0907	0,0910	0,0910	0,0909
DURI - DUMAI 1	9	0,1082	0,1082	0,1059	0,1059	0,1081	0,1081	0,1081	0,1081	0,0000	0,4302	0,1082	0,1082	0,1081
DURI - DUMAI 2	10	0,1082	0,1082	0,1059	0,1059	0,1081	0,1081	0,1081	0,1081	0,4302	0,0000	0,1082	0,1082	0,1081
GARUDA SAKTI - NEW G.SAKTI 1	11	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0000	0,0030	0,0007
GARUDA SAKTI - NEW G.SAKTI 2	12	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0030	0,0000	0,0007
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBU 1	13	0,0905	0,0905	0,0906	0,0906	0,0908	0,0908	0,0906	0,0906	0,0906	0,0906	0,0906	0,0906	0,0000
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBU 2	14	0,0905	0,0905	0,0906	0,0906	0,0908	0,0908	0,0906	0,0906	0,0906	0,0906	0,0906	0,0906	0,3610
KOTO PANJANG - GARUDA SAKTI	15	0,0335	0,0335	0,0329	0,0329	0,0588	0,0588	0,0336	0,0336	0,0328	0,0328	0,0333	0,0333	0,0336
KOTO PANJANG - BANGKINANG 1	16	0,1211	0,1211	0,1195	0,1195	0,1001	0,1001	0,1213	0,1213	0,1194	0,1194	0,1205	0,1205	0,1208
KOTO PANJANG - BANGKINANG 2	17	0,1211	0,1211	0,1195	0,1195	0,1001	0,1001	0,1213	0,1213	0,1194	0,1194	0,1205	0,1205	0,1208
NEW G.SAKTI - BALAI PUNGUT 1	18	0,0015	0,0015	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0016
NEW G.SAKTI - BALAI PUNGUT 2	19	0,0015	0,0015	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0016
PASIR PUTIH - P KERINCI 1	20	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0049
PASIR PUTIH - P KERINCI 2	21	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0049
TENAYAN - PASIR PUTIH 1	22	0,1145	0,1145	0,1144	0,1144	0,1144	0,1144	0,1145	0,1145	0,1144	0,1144	0,1144	0,1144	0,1146
TENAYAN - PASIR PUTIH 2	23	0,1145	0,1145	0,1144	0,1144	0,1144	0,1144	0,1145	0,1145	0,1144	0,1144	0,1144	0,1144	0,1146
TENAYAN - PERAWANG 1	24	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
TENAYAN - PERAWANG 2	25	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
TENAYAN - TELUK LEMBU 1	26	0,0276	0,0276	0,0276	0,0276	0,0277	0,0277	0,0276	0,0276	0,0276	0,0276	0,0276	0,0276	0,0275
TENAYAN - TELUK LEMBU 2	27	0,0276	0,0276	0,0276	0,0276	0,0277	0,0277	0,0276	0,0276	0,0276	0,0276	0,0276	0,0276	0,0275
Nilai Pip		2,0658	2,0658	2,7740	2,7740	2,0321	2,0321	2,2176	2,2176	2,2298	2,2298	2,0257	2,0257	2,2041

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Bagian yang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

Bagian yang mengutip hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

Bagian yang mengutip tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Bagian yang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nama Saluran	Kode	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
BAGAN BATU - KOTA PINANG 1	1	0,0177	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178
BAGAN BATU - KOTA PINANG 2	2	0,0177	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178	0,0178
BALAI PUNGUT - DURI 1	3	0,3842	0,3843	0,3843	0,3843	0,3856	0,3856	0,3844	0,3844	0,3843	0,3843	0,3844	0,3844	0,3844	0,3844
BALAI PUNGUT - DURI 2	4	0,3842	0,3843	0,3843	0,3843	0,3856	0,3856	0,3844	0,3844	0,3843	0,3843	0,3844	0,3844	0,3844	0,3844
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 1	5	0,0325	0,0727	0,0235	0,0235	0,0319	0,0319	0,0323	0,0323	0,0316	0,0316	0,0323	0,0323	0,0323	0,0323
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 2	6	0,0325	0,0727	0,0235	0,0235	0,0319	0,0319	0,0323	0,0323	0,0316	0,0316	0,0323	0,0323	0,0323	0,0323
DURI - BAGAN BATU 1	7	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0913	0,0913	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909
DURI - BAGAN BATU 2	8	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0913	0,0913	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909
DURI - DUMAI 1	9	0,1081	0,1081	0,1081	0,1081	0,1085	0,1085	0,1082	0,1082	0,1082	0,1082	0,1082	0,1082	0,1082	0,1082
DURI - DUMAI 2	10	0,1081	0,1081	0,1081	0,1081	0,1085	0,1085	0,1082	0,1082	0,1082	0,1082	0,1082	0,1082	0,1082	0,1082
GARUDA SAKTI - NEW G.SAKTI 1	11	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
GARUDA SAKTI - NEW G.SAKTI 2	12	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBUI 1	13	0,3610	0,0907	0,0907	0,0907	0,0910	0,0910	0,0906	0,0906	0,0914	0,0914	0,0905	0,0905	0,0905	0,0905
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBUI 2	14	0,0000	0,0907	0,0907	0,0907	0,0910	0,0910	0,0906	0,0906	0,0914	0,0914	0,0905	0,0905	0,0905	0,0905
KOTO PANJANG - GARUDA SAKTI	15	0,0336	0,0000	0,0544	0,0544	0,0332	0,0332	0,0332	0,0332	0,0328	0,0328	0,0333	0,0333	0,0333	0,0333
KOTO PANJANG - BANGKINANG 1	16	0,1208	0,1913	0,0000	0,4118	0,1197	0,1197	0,1205	0,1205	0,1193	0,1193	0,1206	0,1206	0,1207	0,1207
KOTO PANJANG - BANGKINANG 2	17	0,1208	0,1913	0,4118	0,0000	0,1197	0,1197	0,1205	0,1205	0,1193	0,1193	0,1206	0,1206	0,1207	0,1207
NEW G.SAKTI - BALAI PUNGUT 1	18	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0060	0,0060	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016
NEW G.SAKTI - BALAI PUNGUT 2	19	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0060	0,0060	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016
PASIR PUTIH - P KERINCI 1	20	0,0049	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0000	0,0193	0,0046	0,0046	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048
PASIR PUTIH - P KERINCI 2	21	0,0049	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0193	0,0000	0,0046	0,0046	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048
TENAYAN - PASIR PUTIH 1	22	0,1146	0,1144	0,1144	0,1144	0,1142	0,1142	0,1144	0,1144	0,0000	0,4548	0,1145	0,1145	0,1145	0,1145
TENAYAN - PASIR PUTIH 2	23	0,1146	0,1144	0,1144	0,1144	0,1142	0,1142	0,1144	0,1144	0,4548	0,0000	0,1145	0,1145	0,1145	0,1145
TENAYAN - PERAWANG 1	24	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0052	0,0013	0,0013	0,0013
TENAYAN - PERAWANG 2	25	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0052	0,0013	0,0013	0,0013
TENAYAN - TELUK LEMBUI 1	26	0,0275	0,0277	0,0277	0,0277	0,0278	0,0278	0,0276	0,0276	0,0280	0,0280	0,0276	0,0276	0,0000	0,1104
TENAYAN - TELUK LEMBUI 2	27	0,0275	0,0277	0,0277	0,0277	0,0278	0,0278	0,0276	0,0276	0,0280	0,0280	0,0276	0,0276	0,1104	0,0000
Nilai Ptp	2,2041	2,2126	2,1978	2,1978	2,1978	2,0285	2,0285	2,0333	2,0333	2,2468	2,2468	2,0264	2,0264	2,0791	2,0791

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Surin Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Performansi Indeks Tegangan Bus

Nama Gardu Induk (Bus)	Kontingensi Saluran												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
GI BAGAN BATU	0,1110	0,1110	0,2834	0,2834	0,1128	0,1128	0,1539	0,1539	0,1251	0,1251	0,1080	0,1080	0,1139
GI BALAI PUNGUT	0,0256	0,0256	0,0315	0,0315	0,0268	0,0268	0,0270	0,0270	0,0287	0,0287	0,0246	0,0246	0,0273
GI BANGKINANG	0,0677	0,0677	0,0698	0,0698	0,0567	0,0567	0,0683	0,0683	0,0689	0,0689	0,0689	0,0689	0,0747
GI DUMAI	0,2834	0,2834	0,5311	0,5311	0,2872	0,2872	0,2942	0,2942	0,6507	0,6507	0,2798	0,2798	0,2891
GI DURI	0,0944	0,0944	0,2496	0,2496	0,0965	0,0965	0,1005	0,1005	0,1075	0,1075	0,0923	0,0923	0,0976
GI GARUDA SAKTI	0,1102	0,1102	0,1142	0,1142	0,1193	0,1193	0,1112	0,1112	0,1123	0,1123	0,1124	0,1124	0,1232
GI KOTA PINANG	0,0336	0,0336	0,2120	0,2120	0,0682	0,0682	0,1014	0,1014	0,0780	0,0780	0,0644	0,0644	0,0691
GI KOTO PANJANG	0,0447	0,0447	0,0461	0,0461	0,0386	0,0386	0,0450	0,0450	0,0454	0,0454	0,0455	0,0455	0,0493
GI NEW G. SAKTI	0,1015	0,1015	0,1061	0,1061	0,1096	0,1096	0,1027	0,1027	0,1040	0,1040	0,0961	0,0961	0,1131
GI PANGKALAN KERINCI	0,4791	0,4791	0,4843	0,4843	0,4914	0,4914	0,4804	0,4804	0,4819	0,4819	0,4820	0,4820	0,4633
GI PASIR PUTIH	0,3852	0,3852	0,3900	0,3900	0,3962	0,3962	0,3864	0,3864	0,3877	0,3877	0,3878	0,3878	0,3711
GI PERAWANG	0,0906	0,0906	0,0929	0,0929	0,0959	0,0959	0,0912	0,0912	0,0918	0,0918	0,0918	0,0918	0,0840
GI TELUK LEMBU	0,0824	0,0824	0,0847	0,0847	0,0879	0,0879	0,0830	0,0830	0,0837	0,0837	0,0837	0,0837	0,0756
GI TENAYAN	0,0818	0,0818	0,0839	0,0839	0,0867	0,0867	0,0823	0,0823	0,0829	0,0829	0,0829	0,0829	0,0755
Nilai Piv	1,9914	1,9914	2,7797	2,7797	2,0737	2,0737	2,1276	2,1276	2,4487	2,4487	2,0202	2,0202	2,0269

Nama Saluran	Kode
BAGAN BATU - KOTA PINANG 1	1
BAGAN BATU - KOTA PINANG 2	2
BALAI PUNGUT - DURI 1	3
BALAI PUNGUT - DURI 2	4
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 1	5
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 2	6
DURI - BAGAN BATU 1	7
DURI - BAGAN BATU 2	8
DURI - DUMAI 1	9
DURI - DUMAI 2	10
GARUDA SAKTI - NEW G.SAKTI 1	11
GARUDA SAKTI - NEW G.SAKTI 2	12
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBU 1	13
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBU 2	14
KOTO PANJANG - GARUDA SAKTI 1	15
KOTO PANJANG - BANGKINANG 1	16
KOTO PANJANG - BANGKINANG 2	17
NEW G.SAKTI - BALAI PUNGUT 1	18
NEW G.SAKTI - BALAI PUNGUT 2	19
PASIR PUTIH - KERINCI 1	20
PASIR PUTIH - KERINCI 2	21
TENAYAN - PASIR PUTIH 1	22
TENAYAN - PASIR PUTIH 2	23
TENAYAN - PERAWANG 1	24
TENAYAN - PERAWANG 2	25
TENAYAN - TELUK LEMBU 1	26
TENAYAN - TELUK LEMBU 2	27

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Keterangan : * Kode Saluran Transmisi

Nama Gardu Induk (Bus)	Kontingensi Saluran															
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
GI BAGAN BATU	0,1139	0,1125	0,1123	0,1123	0,0941	0,0941	0,1100	0,1100	0,1117	0,1117	0,1100	0,1100	0,1100	0,1100		
GI BALAI PUNGUT	0,0273	0,0267	0,0265	0,0265	0,0187	0,0187	0,0255	0,0255	0,0263	0,0263	0,0255	0,0255	0,0256	0,0256		
GI BANGKINANG	0,0747	0,0649	0,0820	0,0820	0,0787	0,0787	0,0678	0,0678	0,0707	0,0707	0,0677	0,0677	0,0679	0,0679		
GI DUMAI	0,2891	0,2869	0,2864	0,2864	0,2576	0,2576	0,2829	0,2829	0,2856	0,2856	0,2828	0,2828	0,2830	0,2830		
GI DURI	0,0976	0,0963	0,0961	0,0961	0,0800	0,0800	0,0941	0,0941	0,0956	0,0956	0,0940	0,0940	0,0941	0,0941		
GI GARUDA SAKTI	0,1232	0,1186	0,1176	0,1176	0,1308	0,1308	0,1104	0,1104	0,1158	0,1158	0,1102	0,1102	0,1105	0,1105		
GI KOTA PINANG	0,0691	0,0680	0,0678	0,0678	0,0537	0,0537	0,0660	0,0660	0,0673	0,0673	0,0660	0,0660	0,0660	0,0660		
GI KOTO PANJANG	0,0493	0,0393	0,0401	0,0401	0,0520	0,0520	0,0447	0,0447	0,0467	0,0467	0,0447	0,0447	0,0448	0,0448		
GI NEW G. SAKTI	0,1131	0,1090	0,1082	0,1082	0,1255	0,1255	0,1017	0,1017	0,1065	0,1065	0,1015	0,1015	0,1018	0,1018		
GI PANGKALAN KERINCI	0,4633	0,4905	0,4892	0,4892	0,5072	0,5072	0,5877	0,5877	1,1598	1,1598	0,4791	0,4791	0,4786	0,4786		
GI PASIR PUTIH	0,3711	0,3954	0,3942	0,3942	0,4103	0,4103	0,3871	0,3871	1,0068	1,0068	0,3853	0,3853	0,3848	0,3848		
GI PERAWANG	0,0840	0,0955	0,0949	0,0949	0,1027	0,1027	0,0910	0,0910	0,0986	0,0986	0,1000	0,1000	0,0904	0,0904		
GI TELUK LEMBU	0,0756	0,0875	0,0869	0,0869	0,0950	0,0950	0,0827	0,0827	0,0893	0,0893	0,0824	0,0824	0,0828	0,0828		
GI TENAYAN	0,0755	0,0864	0,0858	0,0858	0,0933	0,0933	0,0821	0,0821	0,0894	0,0894	0,0818	0,0818	0,0816	0,0816		
Nilai Piv	2,0269	2,0775	2,0880	2,0880	2,0995	2,0995	2,1337	2,1337	3,3700	3,3700	2,0311	2,0311	2,0218	2,0218		

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Performansi Indeks Daya Aktif Saluran Transmisi

Nama Saluran	Kode	PIP												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BAGAN BATU - KOTA PINANG 1	1	0,0000	0,1137	0,0272	0,0272	0,0282	0,0282	0,0275	0,0275	0,0281	0,0281	0,0283	0,0283	0,0282
BAGAN BATU - KOTA PINANG 2	2	0,1137	0,0000	0,0272	0,0272	0,0282	0,0282	0,0275	0,0275	0,0281	0,0281	0,0283	0,0283	0,0282
BALAI PUNGUT - DURI 1	3	0,4940	0,4940	0,0000	1,9471	0,4919	0,4919	0,4926	0,4926	0,4894	0,4894	0,4935	0,4935	0,4915
BALAI PUNGUT - DURI 2	4	0,4940	0,4940	1,9471	0,0000	0,4919	0,4919	0,4926	0,4926	0,4894	0,4894	0,4935	0,4935	0,4915
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 1	5	0,0468	0,0468	0,0433	0,0433	0,0000	0,1257	0,0000	0,0460	0,0460	0,0449	0,0467	0,0467	0,0463
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 2	6	0,0468	0,0468	0,0433	0,0433	0,1257	0,0000	0,0460	0,0460	0,0449	0,0449	0,0467	0,0467	0,0463
DURI - BAGAN BATU 1	7	0,1273	0,1273	0,1215	0,1215	0,1261	0,1261	0,0000	0,5091	0,1256	0,1256	0,1265	0,1265	0,1260
DURI - BAGAN BATU 2	8	0,1273	0,1273	0,1215	0,1215	0,1261	0,1261	0,5091	0,0000	0,1256	0,1256	0,1265	0,1265	0,1260
DURI - DUMAI 1	9	0,1107	0,1107	0,1063	0,1063	0,1105	0,1105	0,1102	0,1102	0,4385	0,0000	0,1108	0,1108	0,1104
DURI - DUMAI 2	10	0,1107	0,1107	0,1063	0,1063	0,1105	0,1105	0,1102	0,1102	0,4385	0,0000	0,1108	0,1108	0,1104
GARUDA SAKTI - NEW G SAKTI 1	11	0,0029	0,0029	0,0023	0,0023	0,0027	0,0027	0,0028	0,0028	0,0025	0,0025	0,0000	0,0114	0,0027
GARUDA SAKTI - NEW G SAKTI 2	12	0,0029	0,0029	0,0023	0,0023	0,0027	0,0027	0,0028	0,0028	0,0025	0,0025	0,0114	0,0000	0,0027
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBU 1	13	0,1422	0,1422	0,1430	0,1430	0,1428	0,1428	0,1424	0,1424	0,1425	0,1425	0,1422	0,1422	0,0000
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBU 2	14	0,1422	0,1422	0,1430	0,1430	0,1428	0,1428	0,1424	0,1424	0,1425	0,1425	0,1422	0,1422	0,5672
KOTO PANANG - GARUDA SAKTI	15	0,0504	0,0504	0,0480	0,0480	0,0872	0,0872	0,0499	0,0499	0,0491	0,0491	0,0504	0,0504	0,0505
KOTO PANANG - BANGKINANG 1	16	0,1869	0,1869	0,1794	0,1794	0,1548	0,1548	0,1852	0,1852	0,1830	0,1830	0,1867	0,1867	0,1857
KOTO PANANG - BANGKINANG 2	17	0,1869	0,1869	0,1794	0,1794	0,1548	0,1548	0,1852	0,1852	0,1830	0,1830	0,1867	0,1867	0,1857
NEW G SAKTI - BALAI PUNGUT 1	18	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
NEW G SAKTI - BALAI PUNGUT 2	19	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
PASIR PUTIH - P KERINCI 1	20	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089
PASIR PUTIH - P KERINCI 2	21	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089
TENAYAN - PASIR PUTIH 1	22	0,0585	0,0585	0,0583	0,0583	0,0584	0,0584	0,0585	0,0585	0,0584	0,0584	0,0585	0,0585	0,0586
TENAYAN - PASIR PUTIH 2	23	0,0585	0,0585	0,0583	0,0583	0,0584	0,0584	0,0585	0,0585	0,0584	0,0584	0,0585	0,0585	0,0586
TENAYAN - PERAWANG 1	24	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019
TENAYAN - PERAWANG 2	25	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019
TENAYAN - TELUK LEMBU 1	26	0,0583	0,0583	0,0585	0,0585	0,0584	0,0584	0,0583	0,0583	0,0584	0,0584	0,0583	0,0583	0,0581
TENAYAN - TELUK LEMBU 2	27	0,0583	0,0583	0,0585	0,0585	0,0584	0,0584	0,0583	0,0583	0,0584	0,0584	0,0583	0,0583	0,0581
Nilai Pip		2,6413	2,6413	3,4970	3,4970	2,5825	2,5825	2,8282	2,8282	2,7756	2,7756	2,5869	2,5869	2,8549

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
- Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nama Saluran		Kode	PIp																								
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27												
BAGAN BATU - KOTA PINANG 1	1	0,0282	0,0282	0,0282	0,0282	0,0286	0,0286	0,0283	0,0283	0,0283	0,0283	0,0283	0,0283	0,0283	0,0283												
BAGAN BATU - KOTA PINANG 2	2	0,0282	0,0282	0,0282	0,0282	0,0286	0,0286	0,0283	0,0283	0,0283	0,0283	0,0283	0,0283	0,0283	0,0283												
BALAI PUNGUT - DURI 1	3	0,4915	0,4920	0,4921	0,4921	0,4978	0,4978	0,4931	0,4931	0,4928	0,4928	0,4932	0,4932	0,4929	0,4929												
BALAI PUNGUT - DURI 2	4	0,4915	0,4920	0,4921	0,4921	0,4978	0,4978	0,4931	0,4931	0,4928	0,4928	0,4932	0,4932	0,4929	0,4929												
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 1	5	0,0463	0,1052	0,0331	0,0331	0,0479	0,0479	0,0465	0,0465	0,0456	0,0456	0,0466	0,0466	0,0465	0,0465												
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 2	6	0,0463	0,1052	0,0331	0,0331	0,0479	0,0479	0,0465	0,0465	0,0456	0,0456	0,0466	0,0466	0,0465	0,0465												
DURI - BAKAN BATU 1	7	0,1260	0,1261	0,1261	0,1261	0,1276	0,1276	0,1264	0,1264	0,1263	0,1263	0,1264	0,1264	0,1263	0,1263												
DURI - BAKAN BATU 2	8	0,1260	0,1261	0,1261	0,1261	0,1276	0,1276	0,1264	0,1264	0,1263	0,1263	0,1264	0,1264	0,1263	0,1263												
DURI - DUNMAI 1	9	0,1104	0,1105	0,1105	0,1105	0,1119	0,1119	0,1107	0,1107	0,1107	0,1107	0,1108	0,1108	0,1107	0,1107												
DURI - DUNMAI 2	10	0,1104	0,1105	0,1105	0,1105	0,1119	0,1119	0,1107	0,1107	0,1107	0,1107	0,1108	0,1108	0,1107	0,1107												
GARUDA SAKTI - NEW G.SAKTI 1	11	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027	0,0032	0,0032	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028												
GARUDA SAKTI - NEW G.SAKTI 2	12	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027	0,0032	0,0032	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028												
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBU 1	13	0,5672	0,1428	0,1427	0,1427	0,1424	0,1424	0,1423	0,1423	0,1435	0,1435	0,1435	0,1422	0,1422	0,1421												
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBU 2	14	0,0000	0,1428	0,1427	0,1427	0,1424	0,1424	0,1423	0,1423	0,1435	0,1435	0,1435	0,1422	0,1422	0,1421												
KOTO PANJANG - GARUDA SAKTI	15	0,0505	0,0000	0,0823	0,0823	0,0514	0,0514	0,0502	0,0502	0,0496	0,0496	0,0503	0,0503	0,0503	0,0503												
KOTO PANJANG - BANGKINANG 1	16	0,1857	0,2923	0,0000	0,6328	0,1890	0,1890	0,1863	0,1863	0,1845	0,1845	0,1865	0,1865	0,1862	0,1862												
KOTO PANJANG - BANGKINANG 2	17	0,1857	0,2923	0,6328	0,0000	0,1890	0,1890	0,1863	0,1863	0,1845	0,1845	0,1865	0,1865	0,1862	0,1862												
NEW G.SAKTI - BALAI PUNGUT 1	18	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0005	0,0005	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002												
NEW G.SAKTI - BALAI PUNGUT 2	19	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0005	0,0000	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002												
PASIR PUTIH - P. KERINCI 1	20	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0085	0,0085	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089												
PASIR PUTIH - P. KERINCI 2	21	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089	0,0356	0,0356	0,0085	0,0085	0,0089	0,0089	0,0089	0,0089												
TENAYAN - PASIR PUTIH 1	22	0,0586	0,0584	0,0584	0,0584	0,0585	0,0585	0,0585	0,0585	0,0585	0,0585	0,0585	0,0585	0,0585	0,0585												
TENAYAN - PASIR PUTIH 2	23	0,0586	0,0584	0,0584	0,0584	0,0585	0,0585	0,0585	0,0585	0,2313	0,0000	0,2313	0,0585	0,0585	0,0585												
TENAYAN - PERAWANG 1	24	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0076	0,0076	0,0019												
TENAYAN - PERAWANG 2	25	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0076	0,0000	0,0019	0,0019												
TENAYAN - TELUK LEMBU 1	26	0,0581	0,0584	0,0584	0,0584	0,0583	0,0583	0,0583	0,0583	0,0590	0,0590	0,0583	0,0583	0,2329	0,0000												
TENAYAN - TELUK LEMBU 2	27	0,0581	0,0584	0,0584	0,0584	0,0583	0,0583	0,0583	0,0583	0,0590	0,0590	0,0583	0,0583	0,2329	0,0000												
Nilai Ptp		2,8549	2,8551	2,8417	2,8417	2,6039	2,6039	2,5965	2,5965	2,6888	2,6888	2,5830	2,5830	2,6940	2,6940												

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Performansi Indeks Tegangan Bus

Nama Gardu Induk (Bus)	KontingenSI Saluran												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
GI BAGAN BATU	0,5254	0,5254	1,2025	1,2025	0,5516	0,5516	0,9381	0,9381	0,6017	0,6017	0,5060	0,5060	0,5621
GI BALAI PUNGUT	0,1358	0,1358	0,2255	0,2255	0,1509	0,1509	0,1564	0,1564	0,1646	0,1646	0,1295	0,1295	0,1558
GI BANGKINANG	0,1525	0,1525	0,1734	0,1734	0,1305	0,1305	0,1577	0,1577	0,1597	0,1597	0,1525	0,1525	0,1712
GI DUMAI	0,6398	0,6398	1,3515	1,3515	0,6727	0,6727	0,7016	0,7016	1,2501	1,2501	0,6239	0,6239	0,6838
GI DURI	0,3210	0,3210	0,8477	0,8477	0,3439	0,3439	0,3643	0,3643	0,3815	0,3815	0,3100	0,3100	0,3518
GI GARUDA SAKTI	0,2475	0,2475	0,2867	0,2867	0,2741	0,2741	0,2571	0,2571	0,2609	0,2609	0,2474	0,2474	0,2822
GI KOTA PINANG	0,4004	0,4004	1,1160	1,1160	0,4853	0,4853	0,8577	0,8577	0,5331	0,5331	0,4420	0,4420	0,4952
GI KOTO PANJANG	0,1028	0,1028	0,1169	0,1169	0,0909	0,0909	0,1063	0,1063	0,1076	0,1076	0,1028	0,1028	0,1154
GI NEW G SAKTI	0,2395	0,2395	0,2858	0,2858	0,2650	0,2650	0,2508	0,2508	0,2553	0,2553	0,2314	0,2314	0,2728
GI PANGKALAN KERINCI	0,7498	0,7498	0,7958	0,7958	0,7813	0,7813	0,7614	0,7614	0,7659	0,7659	0,7497	0,7497	0,7235
GI PASIR PUTIH	0,6157	0,6157	0,6571	0,6571	0,6441	0,6441	0,6261	0,6261	0,6301	0,6301	0,6156	0,6156	0,5921
GI PERAWANG	0,1858	0,1858	0,2082	0,2082	0,2011	0,2011	0,1913	0,1913	0,1935	0,1935	0,1857	0,1857	0,1732
GI TELUK LEMBU	0,1870	0,1870	0,2116	0,2116	0,2038	0,2038	0,1931	0,1931	0,1954	0,1954	0,1869	0,1869	0,1732
GI TENAYAN	0,1774	0,1774	0,1993	0,1993	0,1923	0,1923	0,1828	0,1828	0,1849	0,1849	0,1772	0,1772	0,1651
Nilai Piv	4,6805	4,6805	7,6780	7,6780	4,9874	4,9874	5,7446	5,7446	5,6843	5,6843	4,6606	4,6606	4,9174

Nama Saluran	Kode
BAGAN BATU - KOTA PINANG 1	1
BAGAN BATU - KOTA PINANG 2	2
BALAI PUNGUT - DURI 1	3
BALAI PUNGUT - DURI 2	4
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 1	5
BANGKINANG - GARUDA SAKTI 2	6
DURI - BAGAN BATU 1	7
DURI - BAGAN BATU 2	8
DURI - DUMAI 1	9
DURI - DUMAI 2	10
GARUDA SAKTI - NEW G SAKTI 1	11
GARUDA SAKTI - NEW G SAKTI 2	12
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBU 1	13
GARUDA SAKTI - TELUK LEMBU 2	14
KOTO PANJANG - GARUDA SAKTI 1	15
KOTO PANJANG - GARUDA SAKTI 2	16
KOTO PANJANG - BANGKINANG 1	17
KOTO PANJANG - BANGKINANG 2	18
NEW G SAKTI - BALAI PUNGUT 1	19
NEW G SAKTI - BALAI PUNGUT 2	20
PASIR PUTIH - P KERINCI 1	21
PASIR PUTIH - P KERINCI 2	22
TENAYAN - PASIR PUTIH 1	23
TENAYAN - PASIR PUTIH 2	24
TENAYAN - PERAWANG 1	25
TENAYAN - TELUK LEMBU 1	26
TENAYAN - TELUK LEMBU 2	27

Keterangan : * Kode dan ID Saluran Transmisi

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nama Gardu Induk (Bus)	Kontingensi Saluran															
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
GI BAGAN BATU	0,5621	0,5497	0,5444	0,5444	0,3951	0,3951	0,5169	0,5169	0,5257	0,5257	0,5157	0,5157	0,5222	0,5222		
GI BALAI PUNGUT	0,1558	0,1499	0,1475	0,1475	0,0810	0,0810	0,1345	0,1345	0,1387	0,1387	0,1340	0,1340	0,1370	0,1370		
GI BANGKINANG	0,1712	0,1490	0,1864	0,1864	0,1570	0,1570	0,1525	0,1525	0,1561	0,1561	0,1520	0,1520	0,1547	0,1547		
GI DUMAI	0,6838	0,6707	0,6650	0,6650	0,5037	0,5037	0,6355	0,6355	0,6450	0,6450	0,6343	0,6343	0,6413	0,6413		
GI DURI	0,3518	0,3425	0,3386	0,3386	0,2289	0,2289	0,3181	0,3181	0,3247	0,3247	0,3173	0,3173	0,3221	0,3221		
GI GARUDA SAKTI	0,2822	0,2726	0,2686	0,2686	0,2557	0,2557	0,2476	0,2476	0,2543	0,2543	0,2467	0,2467	0,2516	0,2516		
GI KOTA PINANG	0,4952	0,4835	0,4785	0,4785	0,3372	0,3372	0,4523	0,4523	0,4607	0,4607	0,4511	0,4511	0,4573	0,4573		
GI KOTO PANJANG	0,1154	0,0923	0,0945	0,0945	0,1059	0,1059	0,1029	0,1029	0,1053	0,1053	0,1025	0,1025	0,1043	0,1043		
GI NEW G. SAKTI	0,2728	0,2636	0,2597	0,2597	0,2492	0,2492	0,2394	0,2394	0,2459	0,2459	0,2385	0,2385	0,2433	0,2433		
GI PANGKALAN KERINCI	0,7235	0,7796	0,7749	0,7749	0,7597	0,7597	0,9072	0,9072	1,6099	1,6099	0,7490	0,7490	0,7414	0,7414		
GI PASIR PUTIH	0,5921	0,6425	0,6382	0,6382	0,6245	0,6245	0,6199	0,6199	1,4033	1,4033	0,6150	0,6150	0,6082	0,6082		
GI PERAWANG	0,1732	0,2002	0,1979	0,1979	0,1905	0,1905	0,1863	0,1863	0,1941	0,1941	0,1940	0,1940	0,1817	0,1817		
GI TELUK LEMBU	0,1732	0,2038	0,2003	0,2003	0,1921	0,1921	0,1874	0,1874	0,1948	0,1948	0,1865	0,1865	0,1919	0,1919		
GI TENAYAN	0,1651	0,1915	0,1892	0,1892	0,1820	0,1820	0,1779	0,1779	0,1855	0,1855	0,1769	0,1769	0,1734	0,1734		
Nilai Piv	4,9174	4,9904	4,9837	4,9837	4,2625	4,2625	4,8785	4,8785	6,4439	6,4439	4,7135	4,7135	4,7305	4,7305		

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





LAMPIRAN F-1

Tegangan Bus 150 Kv saat Kontingensi Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Siang Hari)

Bus ID	Nominal kV	Terhitung (kV)	% Tegangan
GI Bagan Batu	150	144,987	96,66
GI Balai Pungut	150	147,568	98,38
GI Bangkinang	150	146,011	97,34
GI Dumai	150	141,984	94,66
GI Duri	150	145,363	96,91
GI Garuda Sakti	150	144,896	96,60
GI Kota Pinang	150	146,108	97,41
GI Koto Panjang	150	146,759	97,84
GI New Garuda Sakti	150	145,105	96,74
GI Pangkalan Kerinci	150	133,846	89,23
GI Pasir Putih	150	134,949	89,97
GI Perawang	150	145,29	96,86
GI Teluk Lembu	150	145,518	97,01
GI Tenayan	150	145,516	97,01

LAMPIRAN F-2

Tegangan Bus 150 kV saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Siang Hari)

Bus ID	Nominal kV	Terhitung (kV)	% Tegangan
GI Bagan Batu	150	142,014	94,68
GI Balai Pungut	150	147,336	98,22
GI Bangkinang	150	146,036	97,36
GI Dumai	150	139,068	92,71
GI Duri	150	142,506	95,00
GI Garuda Sakti	150	144,932	96,62
GI Kota Pinang	150	143,094	95,40
GI Koto Panjang	150	146,78	97,85
GI New Garuda Sakti	150	145,113	96,74
GI Pangkalan Kerinci	150	139,561	93,04
GI Pasir Putih	150	140,633	93,76
GI Perawang	150	145,429	96,95
GI Teluk Lembu	150	145,634	97,09
GI Tenayan	150	145,655	97,10

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Hal ini merupakan hak cipta yang dilindungi undang-undang.

Prof. Dr. H. Kasim Riau



Profil Aliran Daya Saluran 150 kV saat Kontingensi Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Siang Hari)

ID	Aliran Daya		Losses		Arus (A)	% Voltage Drop
	MW	MVAR	Kw	kVAR		
Bagan Batu - Kota Pinang 1	9,016	-10,51	57,077	190	54,72	0,75
Bagan Batu - Kota Pinang 2	9,016	-10,51	57,077	190	54,72	0,75
Balai Pungut - Duri 1	82,18	11,622	833	3443	324,7	1,47
Balai Pungut - Duri 2	82,18	11,622	833	3443	324,7	1,47
Bangkinang - Garuda Sakti 1	17,316	9,36	30,034	263	77,83	0,74
Bangkinang - Garuda Sakti 2	17,316	9,36	30,034	263	77,83	0,74
Duri - Bagan Batu 1	20,4	-4,401	277	925	82,89	0,25
Duri - Bagan Batu 2	20,4	-4,401	277	925	82,89	0,25
Duri - Dumai 1	43,595	13,255	508	2102	181	2,25
Duri - Dumai 2	43,595	13,255	508	2102	181	2,25
Garuda Sakti - New G.Sakti 1	3,986	-11,041	4,77	19,738	46,71	0,14
Garuda Sakti - New G.Sakti 2	3,986	-11,041	4,77	19,738	46,71	0,14
Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	40,108	2,621	139	575	159,5	0,42
Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	40,108	2,621	139	575	159,5	0,42
Koto Panjang - Garuda Sakti	17,637	7,362	84,766	436	75,18	1,24
Koto Panjang - Bangkinang 1	33,621	15,52	41,528	364	145,7	0,5
Koto Panjang - Bangkinang 2	33,621	15,52	41,528	364	145,7	0,5
New G.Sakti - Balai Pungut 1	5,845	12,956	56,722	235	55,61	1,64
New G.Sakti - Balai Pungut 2	5,845	12,956	56,722	235	55,61	1,64
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	9,198	4,585	35,437	118	43,97	0,74
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	9,198	4,585	35,437	118	43,97	0,74
Tenayan - Pasir Putih 1	0	0	0	0	0	0
Tenayan - Pasir Putih 2	91,255	51,116	3157	10522	415	7,04
Tenayan - Perawang 1	4,865	2,589	3,506	11,686	21,87	0,15
Tenayan - Perawang 2	4,865	2,589	3,506	11,686	21,87	0,15
Tenayan - Teluk Lembu 1	22,629	-6,984	16,182	53,94	93,96	0
Tenayan - Teluk Lembu 2	22,629	-6,984	16,182	53,94	93,96	0



Profil Aliran Daya pada Saluran 150 kV saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Siang Hari)

ID	Aliran Daya		Losses		Arus (A)	% Voltage Drop
	MW	MVAR	kW	kVAR		
Bagan Batu - Kota Pinang 1	8,892	-10,037	55,802	186	54,1	0,72
Bagan Batu - Kota Pinang 2	8,892	-10,037	55,802	186	54,1	0,72
Balai Pungut - Duri 1	0	0	0	0	0	0
Balai Pungut - Duri 2	164,132	32,043	3391	14021	655,3	3,22
Bangkinang - Garuda Sakti 1	17,35	9,243	29,947	262	77,72	0,74
Bangkinang - Garuda Sakti 2	17,35	9,243	29,947	262	77,72	0,74
Duri - Bagan Batu 1	20,127	-3,973	279	930	83,12	0,33
Duri - Bagan Batu 2	20,127	-3,973	279	930	83,12	0,33
Duri - Dumai 1	43,132	13,327	519	2147	182,9	2,29
Duri - Dumai 2	43,132	13,327	519	2147	182,9	2,29
Garuda Sakti - New G.Sakti 1	3,853	-9,633	3,725	15,416	41,28	0,12
Garuda Sakti - New G.Sakti 2	3,853	-9,633	3,725	15,416	41,28	0,12
Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	39,939	4,187	138	573	159,2	0,47
Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	39,939	4,187	138	573	159,2	0,47
Koto Panjang - Garuda Sakti	17,657	7,27	84,591	436	75,11	1,23
Koto Panjang - Bangkinang 1	33,656	15,404	41,48	363	145,6	0,5
Koto Panjang - Bangkinang 2	33,656	15,404	41,48	363	145,6	0,5
New G.Sakti - Balai Pungut 1	5,97	11,51	47,346	196	50,81	1,48
New G.Sakti - Balai Pungut 2	5,97	11,51	47,346	196	50,81	1,48
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	9,416	4,617	33,974	113	43,05	0,72
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	9,416	4,617	33,974	113	43,05	0,72
Tenayan - Pasir Putih 1	45,775	22,934	755	2516	202,9	3,35
Tenayan - Pasir Putih 2	45,775	22,934	755	2516	202,9	3,35
Tenayan - Perawang 1	4,868	2,591	3,504	11,678	21,86	0,15
Tenayan - Perawang 2	4,868	2,591	3,504	11,678	21,86	0,15
Tenayan - Teluk Lembu 1	22,492	-5,18	15,342	51,138	91,49	0,01
Tenayan - Teluk Lembu 2	22,492	-5,18	15,342	51,138	91,49	0,01

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan penyempurnaan karya tulis tanpa merugikan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta dilindungi undang-undang. Segala bentuk penjiplakan, penyalinan, atau penggunaan tanpa izin UIN Suska Riau akan dikenakan sanksi hukum yang berat.



Tabel Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Kontingensi Saluran Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Puncak Siang Hari)

ID	Arus Nominal (A)	Ampere Flow (A)	% Pembebanan
Bagan Batu - Kota Pinang 1	638	54,72	8,58
Bagan Batu - Kota Pinang 2	638	54,72	8,58
Balai Pungut - Duri 1	1250	324,7	25,98
Balai Pungut - Duri 2	1250	324,7	25,98
Bangkinang - Garuda Sakti 1	918	77,83	8,48
Bangkinang - Garuda Sakti 2	918	77,83	8,48
Duri - Bagan Batu 1	638	82,89	12,99
Duri - Bagan Batu 2	638	82,89	12,99
Duri - Dumai 1	1250	181	14,48
Duri - Dumai 2	1250	181	14,48
Garuda Sakti - New G.Sakti 1	1386	46,71	3,37
Garuda Sakti - New G.Sakti 2	1386	46,71	3,37
Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	1251	159,5	12,75
Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	1251	159,5	12,75
Koto Panjang - Garuda Sakti	918	75,18	8,19
Koto Panjang - Bangkinang 1	918	145,7	15,87
Koto Panjang - Bangkinang 2	918	145,7	15,87
New G.Sakti - Balai Pungut 1	1386	55,61	4,01
New G.Sakti - Balai Pungut 2	1386	55,61	4,01
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	1276	43,97	3,45
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	1276	43,97	3,45
Tenayan - Pasir Putih 1	1276	0	0,00
Tenayan - Pasir Putih 2	1276	415	32,52
Tenayan - Perawang 1	1276	21,87	1,71
Tenayan - Perawang 2	1276	21,87	1,71
Tenayan - Teluk Lembu 1	1276	93,96	7,36
Tenayan - Teluk Lembu 2	1276	93,96	7,36



Tabel 1. Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Kontingensi Saluran Balai Pungut-Duri 1 (Beban Puncak Siang Hari)

ID	Arus Nominal (A)	Ampere Flow (A)	% Pembebanan
Bagan Batu - Kota Pinang 1	638	54,1	8,48
Bagan Batu - Kota Pinang 2	638	54,1	8,48
Balai Pungut - Duri 1	1250	0	0,00
Balai Pungut - Duri 2	1250	655,3	52,42
Bangkinang - Garuda Sakti 1	918	77,72	8,47
Bangkinang - Garuda Sakti 2	918	77,72	8,47
Duri - Bagan Batu 1	638	83,12	13,03
Duri - Bagan Batu 2	638	83,12	13,03
Duri - Dumai 1	1250	182,9	14,63
Duri - Dumai 2	1250	182,9	14,63
Garuda Sakti - New G.Sakti 1	1386	41,28	2,98
Garuda Sakti - New G.Sakti 2	1386	41,28	2,98
Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	1251	159,2	12,73
Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	1251	159,2	12,73
Koto Panjang - Garuda Sakti	918	75,11	8,18
Koto Panjang - Bangkinang 1	918	145,6	15,86
Koto Panjang - Bangkinang 2	918	145,6	15,86
New G.Sakti - Balai Pungut 1	1386	50,81	3,67
New G.Sakti - Balai Pungut 2	1386	50,81	3,67
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	1276	43,05	3,37
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	1276	43,05	3,37
Tenayan - Pasir Putih 1	1276	202,9	15,90
Tenayan - Pasir Putih 2	1276	202,9	15,90
Tenayan - Perawang 1	1276	21,86	1,71
Tenayan - Perawang 2	1276	21,86	1,71
Tenayan - Teluk Lembu 1	1276	91,49	7,17
Tenayan - Teluk Lembu 2	1276	91,49	7,17



2. Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Tenayan –

b. Pasir Putih 1 (Beban Siang Hari)

No	ID	Kondisi Normal (%)	Kondisi Kontingensi (%)
1	Bagan Batu - Kota Pinang 1	8,58	8,58
2	Bagan Batu - Kota Pinang 2	8,58	8,58
3	Balai Pungut - Duri 1	25,98	25,98
4	Balai Pungut - Duri 2	25,98	25,98
5	Bangkinang – Garuda Sakti 1	8,46	8,48
6	Bangkinang - Garuda Sakti 2	8,46	8,48
7	Duri – Bagan Batu 1	12,99	12,99
8	Duri – Bagan Batu 2	12,99	12,99
9	Duri – Dumai 1	14,48	14,48
10	Duri – Dumai 2	14,48	14,48
11	Garuda Sakti – New G.Sakti 1	3,25	3,37
12	Garuda Sakti – New G.Sakti 2	3,25	3,37
13	Garuda Sakti – Teluk Lembu 1	12,69	12,75
14	Garuda Sakti – Teluk Lembu 2	12,69	12,75
15	Koto Panjang – Garuda Sakti	8,18	8,19
16	Koto Panjang – Bangkinang 1	15,86	15,87
17	Koto Panjang – Bangkinang 2	15,86	15,87
18	New G.Sakti – Balai Pungut 1	3,89	4,01
19	New G.Sakti – Balai Pungut 2	3,89	4,01
20	Pasir Putih – Pangkalan Kerinci 1	3,37	3,45
21	Pasir Putih – Pangkalan Kerinci 2	3,37	3,45
22	Tenayan – Pasir Putih 1	15,90	0,00
23	Tenayan – Pasir Putih 2	15,90	32,52
24	Tenayan – Perawang 1	1,71	1,71
25	Tenayan – Perawang 2	1,71	1,71
26	Tenayan – Teluk Lembu 1	7,19	7,36
27	Tenayan – Teluk Lembu 2	7,19	7,36

usunan sumber:

Penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.



Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Balai

1. Duri 1 (Beban Siang Hari)

ID	Kondisi Normal (%)	Kondisi Kontingensi (%)
Bagan Batu - Kota Pinang 1	8,58	8,48
Bagan Batu - Kota Pinang 2	8,58	8,48
Balai Pungut - Duri 1	25,98	0,00
Balai Pungut - Duri 2	25,98	52,42
Bangkinang - Garuda Sakti 1	8,46	8,47
Bangkinang - Garuda Sakti 2	8,46	8,47
Duri - Bagan Batu 1	12,99	13,03
Duri - Bagan Batu 2	12,99	13,03
Duri - Dumai 1	14,48	14,63
Duri - Dumai 2	14,48	14,63
Garuda Sakti - New G.Sakti 1	3,25	2,98
Garuda Sakti - New G.Sakti 2	3,25	2,98
Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	12,69	12,73
Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	12,69	12,73
Koto Panjang - Garuda Sakti	8,18	8,18
Koto Panjang - Bangkinang 1	15,86	15,86
Koto Panjang - Bangkinang 2	15,86	15,86
New G.Sakti - Balai Pungut 1	3,89	3,67
New G.Sakti - Balai Pungut 2	3,89	3,67
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	3,37	3,37
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	3,37	3,37
Tenayan - Pasir Putih 1	15,90	15,90
Tenayan - Pasir Putih 2	15,90	15,90
Tenayan - Perawang 1	1,71	1,71
Tenayan - Perawang 2	1,71	1,71
Tenayan - Teluk Lembu 1	7,19	7,17
Tenayan - Teluk Lembu 2	7,19	7,17

sumber:

penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN G-1

Profil Tegangan Bus saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Malam Hari)

No	Bus ID	Nominal kV	Terhitung (kV)	% Tegangan
1	GI Bagan Batu	150	133,551	89,03
2	GI Balai Pungut	150	142,877	95,25
3	GI Bangkinang	150	143,753	95,84
4	GI Dumai	150	132,562	88,37
5	GI Duri	150	136,189	90,79
6	GI Garuda Sakti	150	141,969	94,65
7	GI Kota Pinang	150	134,154	89,44
8	GI Koto Panjang	150	144,871	96,58
9	GI New Garuda Sakti	150	141,981	94,65
10	GI Pangkalan Kerinci	150	136,619	91,08
11	GI Pasir Putih	150	137,841	91,89
12	GI Perawang	150	143,155	95,44
13	GI Teluk Lembu	150	143,1	95,40
14	GI Tenayan	150	143,304	95,54

LAMPIRAN G-2

Profil Tegangan Bus saat Kontingensi Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Malam Hari)

No	Bus ID	Nominal kV	Terhitung (kV)	% Tegangan
1	GI Bagan Batu	150	139,124	92,75
2	GI Balai Pungut	150	144,414	96,28
3	GI Bangkinang	150	144,073	96,05
4	GI Dumai	150	137,953	91,97
5	GI Duri	150	141,453	94,30
6	GI Garuda Sakti	150	142,436	94,96
7	GI Kota Pinang	150	139,819	93,21
8	GI Koto Panjang	150	145,133	96,76
9	GI New Garuda Sakti	150	142,562	95,04
10	GI Pangkalan Kerinci	150	130,968	87,31
11	GI Pasir Putih	150	132,231	88,15
12	GI Perawang	150	143,391	95,59
13	GI Teluk Lembu	150	143,38	95,59
14	GI Tenayan	150	143,539	95,69

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Profil Aliran Daya pada Saluran 150 Kv saat Kontingensi Balai Pungut-Duri 1 (Beban Malam Hari)

ID	Aliran Daya		Losses		Arus (A)	% Voltage Drop
	MW	MVAR	kW	kVAR		
Bagan Batu - Kota Pinang 1	11,15	-7,273	62,572	209	57,29	0,4
Bagan Batu - Kota Pinang 2	11,15	-7,273	62,572	209	57,29	0,4
Balai Pungut - Duri 1	0	0	0	0	0	0
Balai Pungut - Duri 2	184,978	51,419	4753	19652	775,8	4,46
Bangkinang - Garuda Sakti 1	20,247	15,521	52,049	456	102,5	1,19
Bangkinang - Garuda Sakti 2	20,247	15,521	52,049	456	102,5	1,19
Duri - Bagan Batu 1	23,583	1,59	405	1352	100,2	1,76
Duri - Bagan Batu 2	23,583	1,59	405	1352	100,2	1,76
Duri - Dumai 1	43,215	13,579	572	2367	192	2,42
Duri - Dumai 2	43,215	13,579	572	2367	192	2,42
Garuda Sakti - New G.Sakti 1	7,107	-2,297	2,017	8,346	30,37	0,01
Garuda Sakti - New G.Sakti 2	7,107	-2,297	2,017	8,346	30,37	0,01
Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	50,173	9,787	232	961	206,2	0,75
Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	50,173	9,787	232	961	206,2	0,75
Koto Panjang - Garuda Sakti	21,335	12,417	145	747	98,38	1,93
Koto Panjang - Bangkinang 1	41,24	23,841	70,524	618	189,8	0,75
Koto Panjang - Bangkinang 2	41,24	23,841	70,524	618	189,8	0,75
New G.Sakti - Balai Pungut 1	2,726	4,403	8,032	33,24	20,93	0,6
New G.Sakti - Balai Pungut 2	2,726	4,403	8,032	33,24	20,93	0,6
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	12,757	4,513	58,883	196	56,68	0,81
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	12,757	4,513	58,883	196	56,68	0,81
Tenayan - Pasir Putih 1	32,678	28,933	567	1889	175,8	3,64
Tenayan - Pasir Putih 2	32,678	28,933	567	1889	175,8	3,64
Tenayan - Perawang 1	5,884	0,849	4,206	14,021	23,95	0,1
Tenayan - Perawang 2	5,884	0,849	4,206	14,021	23,95	0,1
Tenayan - Teluk Lembu 1	32,735	4,542	32,497	108	133,1	0,14
Tenayan - Teluk Lembu 2	32,735	4,542	32,497	108	133,1	0,14



Profil Aliran Daya pada Saluran 150 Kv saat Kontingensi Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Malam

ID	Aliran Daya		Losses		Arus (A)	% Voltage Drop
	MW	MVAR	kW	kVAR		
Bagan Batu - Kota Pinang 1	11,38	-8,108	63,467	212	57,7	0,46
Bagan Batu - Kota Pinang 2	11,38	-8,108	63,467	212	57,7	0,46
Balai Pungut - Duri 1	93,059	18,88	1138	4705	379,6	1,97
Balai Pungut - Duri 2	93,059	18,88	1138	4705	379,6	1,97
Bangkinang - Garuda Sakti 1	20,793	14,046	50,128	439	100,6	1,09
Bangkinang - Garuda Sakti 2	20,793	14,046	50,128	439	100,6	1,09
Duri - Bagan Batu 1	24,045	0,776	389	1298	98,19	1,55
Duri - Bagan Batu 2	24,045	0,776	389	1298	98,19	1,55
Duri - Dumai 1	44,1	13,389	549	2271	188,1	2,33
Duri - Dumai 2	44,1	13,389	549	2271	188,1	2,33
Garuda Sakti - New G.Sakti 1	7,77	-7,861	4,381	18,13	44,76	0,08
Garuda Sakti - New G.Sakti 2	7,77	-7,861	4,381	18,13	44,76	0,08
Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	50,254	6,272	227	940	203,9	0,63
Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	50,254	6,272	227	940	203,9	0,63
Koto Panjang - Garuda Sakti	21,677	11,238	141	728	97,13	1,8
Koto Panjang - Bangkinang 1	41,812	22,363	69,628	610	188,6	0,71
Koto Panjang - Bangkinang 2	41,812	22,363	69,628	610	188,6	0,71
New G.Sakti - Balai Pungut 1	2,107	10,064	30,992	128	41,11	1,23
New G.Sakti - Balai Pungut 2	2,107	10,064	30,992	128	41,11	1,23
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	12,455	4,538	61,403	205	57,88	0,84
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	12,455	4,538	61,403	205	57,88	0,84
Tenayan - Pasir Putih 1	0	0	0	0	0	0
Tenayan - Pasir Putih 2	65,081	61,342	2372	7906	359,7	7,54
Tenayan - Perawang 1	5,889	0,849	4,2	13,999	23,93	0,1
Tenayan - Perawang 2	5,889	0,849	4,2	13,999	23,93	0,1
Tenayan - Teluk Lembu 1	32,862	1,374	32,082	107	132,3	0,11
Tenayan - Teluk Lembu 2	32,862	1,374	32,082	107	132,3	0,11

UIN SUSKA RIAU

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber dan menyebutkan sumber.
Penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

UIN SUSKA RIAU



Tabel Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Kontingensi Saluran Balai Pungut-Duri 1 (Beban Puncak Malam Hari)

ID	Arus Nominal (A)	Ampere Flow (A)	% Pembebanan
Bagan Batu - Kota Pinang 1	638	57,29	8,98
Bagan Batu - Kota Pinang 2	638	57,29	8,98
Balai Pungut - Duri 1	1250	0	0,00
Balai Pungut - Duri 2	1250	775,8	62,06
Bangkinang – Garuda Sakti 1	918	102,5	11,17
Bangkinang - Garuda Sakti 2	918	102,5	11,17
Duri – Bagan Batu 1	638	100,2	15,71
Duri – Bagan Batu 2	638	100,2	15,71
Duri – Dumai 1	1250	192	15,36
Duri – Dumai 2	1250	192	15,36
Garuda Sakti – New G.Sakti 1	1386	30,37	2,19
Garuda Sakti – New G.Sakti 2	1386	30,37	2,19
Garuda Sakti – Teluk Lembu 1	1251	206,2	16,48
Garuda Sakti – Teluk Lembu 2	1251	206,2	16,48
Koto Panjang – Garuda Sakti	918	98,38	10,72
Koto Panjang – Bangkinang 1	918	189,8	20,68
Koto Panjang – Bangkinang 2	918	189,8	20,68
New G.Sakti – Balai Pungut 1	1386	20,93	1,51
New G.Sakti – Balai Pungut 2	1386	20,93	1,51
Pasir Putih – Pangkalan Kerinci 1	1276	56,68	4,44
Pasir Putih – Pangkalan Kerinci 2	1276	56,68	4,44
Tenayan – Pasir Putih 1	1276	175,8	13,78
Tenayan – Pasir Putih 2	1276	175,8	13,78
Tenayan – Perawang 1	1276	23,95	1,88
Tenayan – Perawang 2	1276	23,95	1,88
Tenayan – Teluk Lembu 1	1276	133,1	10,43
Tenayan – Teluk Lembu 2	1276	133,1	10,43



Tabel Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Kontingensi Saluran Tenayan-Pasir Putih 1 (Beban Puncak Malam Hari)

ID	Arus Nominal (A)	Ampere Flow (A)	% Pembebanan
Bagan Batu - Kota Pinang 1	638	57,7	9,04
Bagan Batu - Kota Pinang 2	638	57,7	9,04
Balai Pungut - Duri 1	1250	379,6	30,37
Balai Pungut - Duri 2	1250	379,6	30,37
Bangkinang - Garuda Sakti 1	918	100,6	10,96
Bangkinang - Garuda Sakti 2	918	100,6	10,96
Duri - Bagan Batu 1	638	98,19	15,39
Duri - Bagan Batu 2	638	98,19	15,39
Duri - Dumai 1	1250	188,1	15,05
Duri - Dumai 2	1250	188,1	15,05
Garuda Sakti - New G.Sakti 1	1386	44,76	3,23
Garuda Sakti - New G.Sakti 2	1386	44,76	3,23
Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	1251	203,9	16,30
Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	1251	203,9	16,30
Koto Panjang - Garuda Sakti	918	97,13	10,58
Koto Panjang - Bangkinang 1	918	188,6	20,54
Koto Panjang - Bangkinang 2	918	188,6	20,54
New G.Sakti - Balai Pungut 1	1386	41,11	2,97
New G.Sakti - Balai Pungut 2	1386	41,11	2,97
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	1276	57,88	4,54
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	1276	57,88	4,54
Tenayan - Pasir Putih 1	1276	0	0,00
Tenayan - Pasir Putih 2	1276	359,7	28,19
Tenayan - Perawang 1	1276	23,93	1,88
Tenayan - Perawang 2	1276	23,93	1,88
Tenayan - Teluk Lembu 1	1276	132,3	10,37
Tenayan - Teluk Lembu 2	1276	132,3	10,37



Profil Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Balai Pungut Duri 1 (Beban Malam Hari)

ID	Kondisi Normal (%)	Kondisi Kontingensi (%)
Bagan Batu - Kota Pinang 1	9,05	8,98
Bagan Batu - Kota Pinang 2	9,05	8,98
Balai Pungut - Duri 1	30,36	0,00
Balai Pungut - Duri 2	30,36	62,06
Bangkinang - Garuda Sakti 1	10,94	11,17
Bangkinang - Garuda Sakti 2	10,94	11,17
Duri - Bagan Batu 1	15,39	15,71
Duri - Bagan Batu 2	15,39	15,71
Duri - Dumai 1	15,04	15,36
Duri - Dumai 2	15,04	15,36
Garuda Sakti - New G.Sakti 1	3,22	2,19
Garuda Sakti - New G.Sakti 2	3,22	2,19
Garuda Sakti - Teluk Lembu 1	16,24	16,48
Garuda Sakti - Teluk Lembu 2	16,24	16,48
Koto Panjang - Garuda Sakti	10,57	10,72
Koto Panjang - Bangkinang 1	20,54	20,68
Koto Panjang - Bangkinang 2	20,54	20,68
New G.Sakti - Balai Pungut 1	2,94	1,51
New G.Sakti - Balai Pungut 2	2,94	1,51
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 1	4,44	4,44
Pasir Putih - Pangkalan Kerinci 2	4,44	4,44
Tenayan - Pasir Putih 1	13,76	13,78
Tenayan - Pasir Putih 2	13,76	13,78
Tenayan - Perawang 1	1,87	1,88
Tenayan - Perawang 2	1,87	1,88
Tenayan - Teluk Lembu 1	10,31	10,43
Tenayan - Teluk Lembu 2	10,31	10,43

Disusun sumber:

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Pembebanan Saluran Transmisi Kondisi Normal dan Kondisi Kontingensi Saluran Tenayan – Pasir Putih (Beban Malam Hari)

ID	Kondisi Normal (%)	Kondisi Kontingensi (%)
Bagan Batu - Kota Pinang 1	9,05	9,04
Bagan Batu - Kota Pinang 2	9,05	9,04
Balai Pungut - Duri 1	30,36	30,37
Balai Pungut - Duri 2	30,36	30,37
Bangkinang – Garuda Sakti 1	10,94	10,96
Bangkinang - Garuda Sakti 2	10,94	10,96
Duri – Bagan Batu 1	15,39	15,39
Duri – Bagan Batu 2	15,39	15,39
Duri – Dumai 1	15,04	15,05
Duri – Dumai 2	15,04	15,05
Garuda Sakti – New G.Sakti 1	3,22	3,23
Garuda Sakti – New G.Sakti 2	3,22	3,23
Garuda Sakti – Teluk Lembu 1	16,24	16,30
Garuda Sakti – Teluk Lembu 2	16,24	16,30
Koto Panjang – Garuda Sakti	10,57	10,58
Koto Panjang – Bangkinang 1	20,54	20,54
Koto Panjang – Bangkinang 2	20,54	20,54
New G.Sakti – Balai Pungut 1	2,94	2,97
New G.Sakti – Balai Pungut 2	2,94	2,97
Pasir Putih – Pangkalan Kerinci 1	4,44	4,54
Pasir Putih – Pangkalan Kerinci 2	4,44	4,54
Tenayan – Pasir Putih 1	13,76	0,00
Tenayan – Pasir Putih 2	13,76	28,19
Tenayan – Perawang 1	1,87	1,88
Tenayan – Perawang 2	1,87	1,88
Tenayan – Teluk Lembu 1	10,31	10,37
Tenayan – Teluk Lembu 2	10,31	10,37

Penyusunan sumber:

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

SKRIP WAWANCARA

Nama / Kode : Halim Wirmen / Pewawancara

: Rachmat Hidayat / Narasumber

Tanggal/Bulan/Tahun : 02 Mei 2019

Tempat : Ruang Bidang Operasi Sistem PT PLN (Persero) P3B Sumatera

Jl. Musyawarah Kel.Labuh Baru Barat, Kec.Payung Sekaki,
Pekanbaru

DESKRIPSI HASIL WAWANCARA

Pewawancara : Nama saya Halim Wirmen mahasiswa Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sultan Syarif Kasim Riau. Saya bermaksud ingin mewawancarai tentang penelitian tugas akhir saya pak. Nama bapak siapa ?

Narasumber : Nama saya Rachmat Hidayat.

Pewawancara : Jabatan bapak disini sebagai apa pak ?

Narasumber : Manager Sub Bidang Perencanaan Operasi PT PLN P3B Sumatera.

Pewawancara : Disini penelitian tugas akhir saya membahas Analisis Kontingensi pada jaringan transmisi 150 kV Subsistem Riau. Apa tujuan dilakukan analisis kontingensi itu pak ?

Narasumber : Kontingensi tentunya dibuat supaya kita bisa mitigasi dampak dari gangguan yang mungkin terjadi di sistem. Khususnya di UPT Pekanbaru, gangguan di sistem kami mayoritas adalah gangguan di transmisi baik itu akibat petir, dan untuk petir merupakan masalah yang dominan terjadi dan itu bisa terjadi diruas mana saja, bisa menyambar satu sirkit maupun dua sirkit sekaligus. Dari pengalaman gangguan seperti itu tentunya peran mitigasi kontingensi sangat penting. Peran mitigasi tentunya supaya kejadian gangguan tidak berdampak gangguan yang meluas, sehingga peran analisis kontingensi sangat penting.

Pewawancara : Bagaimana pihak PLN melakukan Analisis Kontingensi ?

Narasumber : Analisis kontingensi kami menggunakan aplikasi Digsilent, ada juga aplikasi yang lain seperti PSSE dan dua aplikasi itu yang digunakan. Yang kita lakukan disamping untuk studi *load flow*, juga melakukan studi stabilitasnya. Jadi semua *case* gangguan sudah semua disimulasikan dan sudah kita siapkan kontingensi untuk masing-masing *case* gangguan tersebut. Dalam mensimulasikan kontingensi pada sistem tenaga listrik, kondisi pasokan daya harus lebih kecil dibandingkan beban agar mencerminkan kondisi real sehingga diperlukan penambahan daya dari eksternal grid contohnya transfer daya dari subsistem Sumbar ke Subsistem Riau. Hal tersebut dilakukan agar timbul permasalahan pada saat melakukan studi kontingensi sehingga diperlukan suatu tindakan.

Pewawancara : Parameter apa saja yang diperhatikan dari hasil analisis kontingensi tersebut ?

Narasumber : Parameter yang perlu diperhatikan untuk *case* gangguan transmisi tentunya disitu besaran MW atau daya yang mengalir pada transmisi harus kita perhatikan bahkan untuk semua segmen. Kita memastikan bahwa semua segmen penghantar tidak ada terjadi beban lebih atau *overload*. Kemudian parameter yang lain yang perlu diperhatikan adalah tegangan. Kita pastikan bahwa semua parameter tegangan di masing-masing Gardu Induk dalam batasan normal. Pada kami, standar untuk batasan normal adalah +5, -10%. Jadi minimal itu sekitar 135 kV.

Pewawancara : Kapan pihak PLN melakukan analisis kontingensi ?

Narasumber : Studi kontingensi ini kita lakukan secara rutin, dan pastinya setiap ada perubahan sistem baik itu akibat perubahan tambahan instalasi semisal tambahan Gardu Induk, tambahan trafo, tambahan transmisi, itu harus kita studi ulang. Termasuk kalau ada perubahan beban, yang tentunya bahwa beban ini tumbuh setiap saat, jadi kita harus rutin kontinyu lakukan studi secara berkala karena perubahan sistem bisa terjadi kapan saja.

Pewawancara : Sejauh apa upaya yang dilakukan PLN dalam melakukan analisis kontingensi ?

Narasumber : Dari studi kontingensi tentunya output dari kajiannya adalah kita buat mitigasi supaya gangguan yang terjadi tidak meluas di sistem Riau khususnya dari beberapa *case* studi kontingensi sudah kita terapkan proteksi sistem atau disebut dengan *Defense Scheme*. Dari kajian tersebut hasilnya adalah mitigasi berupa skema pertahanan di sistem. Contohnya untuk gangguan transmisi, kita sudah menerapkan skema *Defense Scheme* yang namanya OLS (*Overload Shading*) dengan skema membuang beban pelanggan dengan harapan bahwa transfer dari transmisi yang tidak terganggu tidak terjadi *overload*. Selain itu juga kita ada skema *Undervoltage Load Shading* ini untuk mengantisipasi tegangan rendah dengan cara sama skemanya dengan buang beban. Disini harapannya bahwa batasan tegangan minimum tidak terlampaui, sehingga begitu ada *case* gangguan yang menyebabkan tegangan rendah bisa teratasi oleh *Undervoltage Load Shading*. Itu merupakan upaya-upaya yang sudah kita lakukan dari semua *case* kontingensi sudah kita siapkan mitigasinya berupa penerapan *Defense Scheme* tadi sehingga semua *case* gangguan di transmisi, trafo dan pembangkit sudah kita antisipasi. Harapannya bahwa semua *case* gangguan tidak berdampak sistem gangguan meluas. Selama ini kami suka bekerja sama dengan Universitas-universitas terkait kajian-kajian ini sebagai pembanding meskipun kami mampu membuatnya.

Pewawancara : Baiklah pak cuma itu yang ingin saya tanyakan. Saya mengucapkan terimakasih banyak bapak telah meluangkan waktunya.

Narasumber : Iya sama-sama.

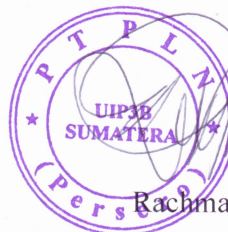
Pekanbaru, 28 November 2019

Mahasiswa

Manager Sub Bidang Perencanaan Operasi Sistem
PT PLN (Persero) P3B Sumatera



Halim Wirmen



Rachmat Hidayat



BIOGRAFI PENULIS

Halim Wirmen dilahirkan di Kota Duri - Riau, pada 22 Juli 1995. Anak ketiga dari lima bersaudara yang merupakan putra dari pasangan Bapak H.Wirmen dan Ibu Hj.Elmawati, yang beralamat di Jl.Cempaka No.120, Kelurahan Tambusai Batang Dui, Kecamatan Bathin Solapan, Duri-Riau. Jenjang pendidikan dimulai di TK Aisyiyah 2 Duri dari tahun 2001-2002, kemudian melanjutkan pendidikan ke sekolah dasar SDN 21 Balai Makam dan tamat pada tahun 2008, lalu setelah itu melanjutkan ke jenjang Pendidikan selanjutnya di SMP Negeri 1 Mandau dan tamat pada tahun 2011, kemudian melanjutkan pendidikannya di SMA Negeri 2 Mandau pada tahun 2011 dan tamat pada tahun 2014. Setelah lulus dari SMA Negeri 2 Mandau kemudian melanjutkan pendidikan perkuliahan di UIN SUSKA RIAU pada Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Energi. Pada tanggal 9 Desember 2019 dinyatakan lulus dengan judul Tugas Akhir **“Analisis Kontingensi Pada Jaringan Transmisi 150 kV Subsistem Riau”** dan berhak menyandang gelar Sarjana Teknik melalui sidang tertutup Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.